雄物川に来襲する波浪のエネルギーと河口砂州の地形応答

秋田大学　学生会員　○谷口　隼也
秋田大学　正会員　齋藤　憲寿
秋田大学　正会員　渡辺　一也

1.　はじめに

緩流河川の河口部では，海洋や河川からの影響で砂州が発達と縮小を繰り返している．発達した砂州は，塩水や波浪の浸入を妨げ，船舶の航行に影響を与える[1]と考えられる．

秋田県を流れる雄物川河口でも，両岸に砂州が存在するため，河口砂州変動に関する研究がいくつか行われてきた[2)3)]．しかし，砂州の詳細な変動を把握するためには，河口砂州と水理データとの関係について定量的な検討を行う必要がある．

そこで本研究では，雄物川の河口砂州と河川流量や波浪との関係について検討を行うために，砂州面積や河口幅のモニタリングを行い，河川流量や波浪エネルギーとの関係について検討を行った．

2.　研究手法

まず，河口砂州についてUAV(Unmanned Aerial Vehicle)を用いて観測を行った．このとき，上空150 mから縦横80%オーバーラップで鉛直方向に写真を撮影した．次に，UAVにより撮影された写真についてSfM(Structure from Motion)処理を行い，**図-1**に示すように砂州面積と河口幅を算出した．そして，河川流量や波浪エネルギーフラックスと比較を行った．

3.　データセット

水理データは，国土交通省が観測したものを用いた．2017年から2020年における水理データを**図-2**に示す．上段から河川流量Q，岸沖方向の沖波エネルギーフラックスE_{fC}，沿岸方向の沖波エネルギーフラックスE_{fL}を示している．河川流量は雄物川河口から約13.1 km上流に位置する椿川観測所，波浪データは秋田港において観測されたデータを用いた．また，河川流量は1時間毎の観測値，波浪データは20分毎の観測値を24時間平均して用いた．岸沖方向の沖波エネルギーフラックスは式(1)，沿岸方向の沖波エネルギーフラックスは式(2)のように算出した[4)]．

$$E_{fC} = \frac{1}{16}\rho g\left(H_{1/3}\right)_0^2 C_{g0}\cos\theta \qquad (1)$$

$$E_{fL} = \frac{1}{16}\rho g\left(H_{1/3}\right)_0^2 C_{g0}\cos\theta \qquad (2)$$

ここで，ρは海水密度，gは重力加速度，$(H_{1/3})_0$は有義波高，C_gは群速度，θは入射角である．沿岸方向の沖波エネルギーフラックスが正である場合は南から北へ，負である場合は北から南への波向きである．

4.　河川流量と沖波エネルギーフラックス

図-2より，河川流量は，冬季には1年の中で最も減少した．春季には融雪出水により700～1500 m^3/s程度まで増加し，夏季・秋季は豪雨や台風により一時的に大きく増加することがあった．沖波エネルギーフラックスは，季節によらず岸沖方向が卓越しており，沿岸方向の沖波エネルギーフラックスは北進方向が卓越していた．一方で，岸沖方向，沿岸方向に関わらず，沖波エネルギーフラックスは冬季には最も強くなり，夏季または秋季に最も弱くなる傾向が確認された．冬季に最も強くなった原因は，大陸から来襲する季節風によって波浪が発達したためと考えられる．

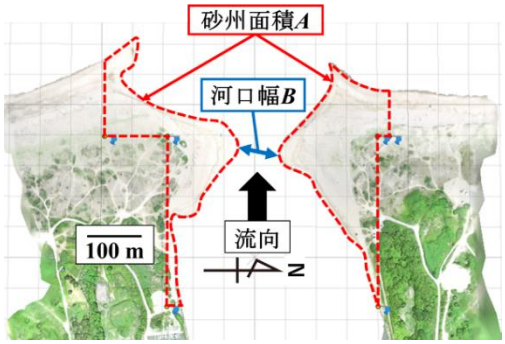

図-1　雄物川河口砂州

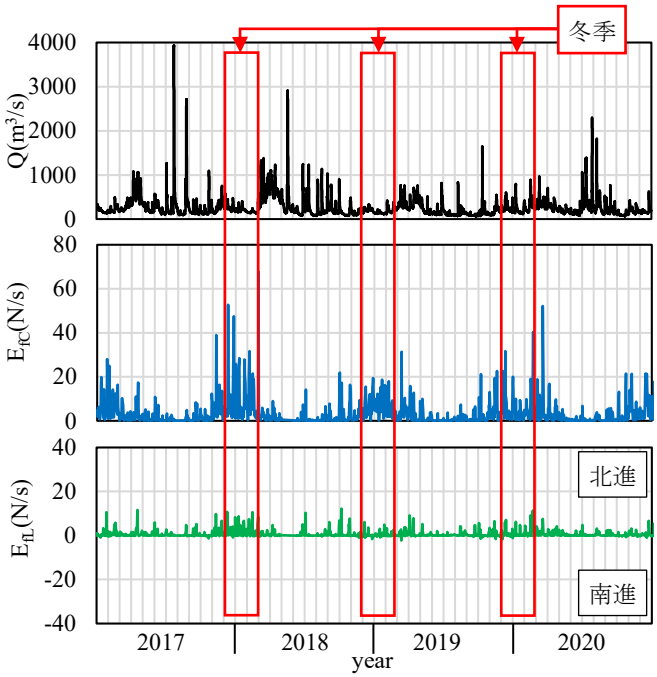

図-2　河川流量と沖波エネルギーフラックス

5.　河口砂州とエネルギーフラックスの関係

観測間における1日あたりの砂州面積の変化量dA/dtと岸沖方向の沖波エネルギーフラックスの平均値E_{fCAve}・沿岸方向の沖波エネルギーフラックスの平均値E_{fCAve}の関係を**図-3**，同様に，河口幅の変化量dB/dtと岸沖・沿岸方向の沖波エネルギーフラックスの平均値の

キーワード：砂州面積，河口幅，河川流量，エネルギーフラックス，回帰分析
連絡先　〒010-8502　秋田県秋田市手形学園町 1 番 1 号　TEL 018-889-2884

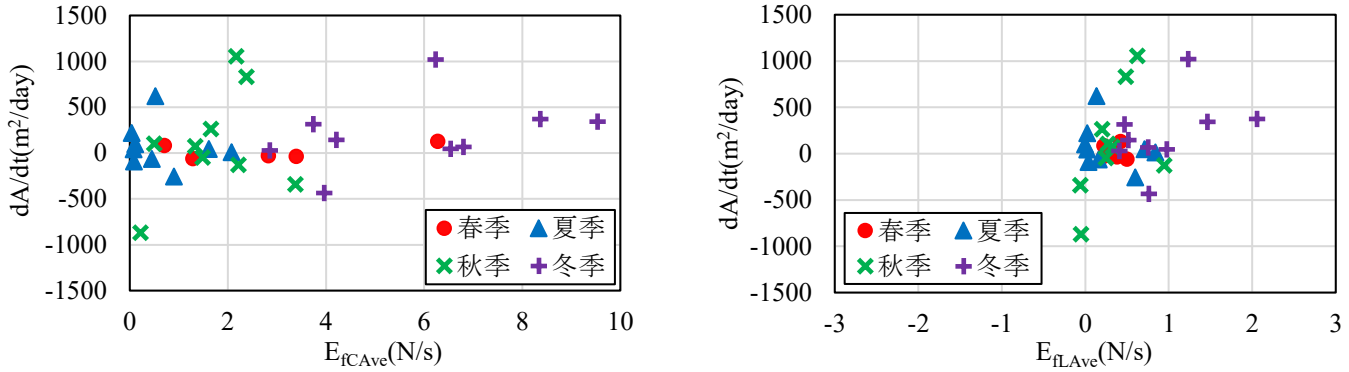

図-3　1日あたりの砂州面積の変化量と岸沖・沿岸方向の沖波エネルギーフラックスの関係

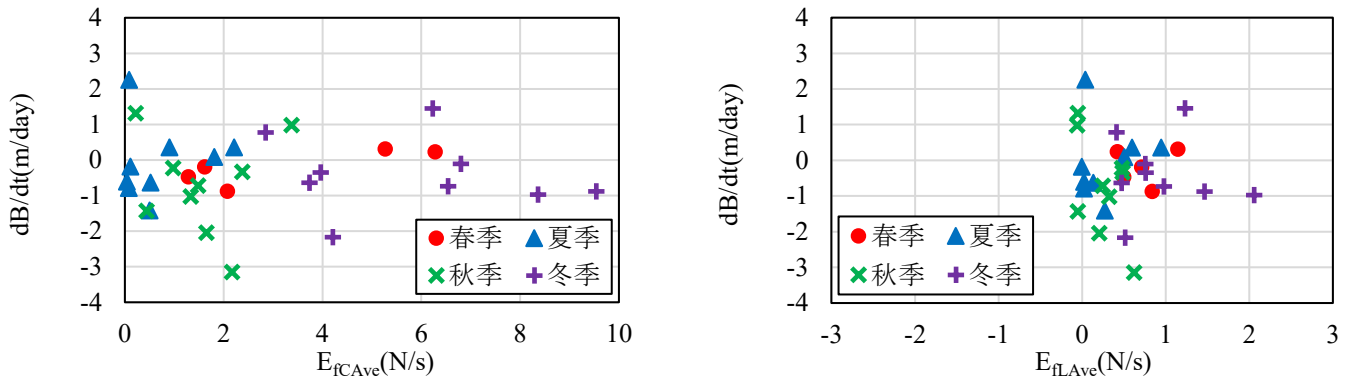

図-4　1日あたりの河口幅の変化量と岸沖・沿岸方向の沖波エネルギーフラックスの関係

関係を**図-4**に示す．結果，岸沖方向の波浪の影響が卓越していることが分かった．しかし，岸沖方向の沖波エネルギーフラックスが強くなることで砂州面積が増加する，または河口幅が減少するという傾向は確認できなかった．一方で季節に着目すると，砂州面積は冬季に増加，河口幅は秋季と冬季に減少する傾向が確認された．これは，秋季から冬季にかけて沖波エネルギーフラックスが強まり，冬季には河川流量が大きく増加することはなくなるため，砂州から土砂が流出することなく河口砂州に土砂が輸送，堆積し続けたことを示していると考えられる．

6.　重回帰分析

砂州面積および河口幅と，沖波エネルギーフラックス，河川流量の関係を検討するために，砂州面積および河口幅を目的変数，沖波エネルギーフラックスと河川流量を説明変数として重回帰分析を行った．既往研究[5]に倣い，沖波エネルギーフラックスは観測日前1ヵ月間における平均値，河川流量は観測日前1ヵ月間における最大値を用いた．砂州面積および河口幅と，岸沖方向・沿岸方向の沖波エネルギーフラックス，河川流量との重相関係数Rを**表-1**に示す．結果，砂州面積より河口幅の方が沖波エネルギーフラックス，河川流量との相関が強い傾向があった．また，砂州面積，河口幅ともに，岸沖方向と沿岸方向の相関の差はあまりなかった．従って，雄物川河口砂州について検討を行う場合，砂州面積より河口幅のデータを用いる方が適切であると考えられる．

7.　おわりに

本研究では，雄物川の河口砂州について砂州面積と河口幅のモニタリングを行い，砂州面積や波浪エネルギーとの関係について検討を行った．結果，以下の知見

表-1　重回帰分析結果

R			目的変数 A	目的変数 B
説明変数	Q (1ヵ月間最大)	E_{fC} (1ヵ月間平均)	0.64	0.86
		E_{fL} (1ヵ月間平均)	0.62	0.87

が得られた．

- 波浪は沿岸方向より岸沖方向が卓越しており，河口砂州は岸沖方向の波浪の影響を強く受けていると考えられる．
- 河口幅は沖波エネルギーフラックス，河川流量との相関が強いことから，雄物川河口砂州について検討を行う場合，砂州面積より河口幅のデータを用いる方が適切であると考えられる．

参考文献

1) 前川勝朗：最上川河口砂州の変形過程，山形大学紀要（農学），第11巻，第2号, pp. 303-322, 1991.
2) 渡辺一也，Dinh Van Duy，野口良哉，田中仁：河口テラスの形成と堆積土砂の回帰過程に関する研究，土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 74, No. 2, I_787-I_792, 2018.
3) 谷口隼也，渡辺一也，齋藤憲寿：雄物川における河口砂州の動態と流量・波浪との関係，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 77, No. 2, I_529-I_534, 2021.
4) 鈴木崇之，栗山善昭：汀線位置の長周期変動特性および汀線位置変動の変化量に及ぼす沖波エネルギーフラックスと沿岸流速の影響，港湾空港技術研究所報告，第47巻，第3号, pp. 3-31, 2008.
5) 渡辺一也，堀井優介：米代川河口砂州地形変動に対する流量・波浪の影響評価，土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 75, No. 2, I_193-I_198, 2019.