

## 15. 神田川下流域および日本橋川の流況特性

Flow Characteristics in tidal river, Kanda River and Nihonbashi River

技術支援課 高崎忠勝、杉原大介、藤崎哲朗

### 1. はじめに

神田川下流域および日本橋川は感潮域に位置し、潮汐の影響を受け水位や流量は時々刻々と変化している。さらに、分水路や河川の分派等により水の流れは複雑なものとなっており、これらの河川流況は十分には把握できていない。

都心部を流れるこれらの河川では、河川環境の改善や治水安全性の確保といった課題があり、これらの課題に対する検討を行う上で河川流況の把握は極めて重要である。

以上の背景の下、平成19年度から神田川下流域と日本橋川において流量観測や水位・流速の連続モニタリング等の調査を行い、河川流況の把握に努めてきた。これらの調査によって得られた知見を報告する。

### 2. 調査概要

#### (1) 調査地点

神田川は、三鷹市の井の頭池に源を発する流域面積 105km<sup>2</sup>、延長25.48kmの荒川水系の河川であり、日本橋川を分派して隅田川に流入する。日本橋川は、上流端で神田川、日本橋水門において亀島川、下流端で隅田川と接する延長4.84kmの河川である。調査地点は、図 - 1に示す神田川美倉橋と日本橋川西河岸橋の2地点である。

#### (2) 連続モニタリング

1年間を通じた流量の時系列変化を把握することを目的として、2地点に計測機器を設置し、連続モニタ

リングを行った。設置した計測機器は、水位計（圧力式・UIZ-WL500, (株)ウイジン製）および流速計（電磁式・RF低水用, 愛知時計電機(株)製）である。使用した流速計は、指向性を有することから順流・逆流方向用にそれぞれ流速計を用意し2個1組として配置した。また、鉛直方向の流速変化を把握するために、表 - 1のように異なる高さに3組の流速計を配置した。なお、下層の流速計は、河床より約50cm高い位置に設定している。データの取得間隔は、電源の制約から水位を10分、流速を30分に設定した。なお、流速計の精度保証流速範囲は0.2~2m/sであるが、この範囲を下回る流速についても信号を出力するように流速計の設定を行った。



図 - 1 調査地点

表 - 1 流速計の配置

	神田川美倉橋			日本橋川西河岸橋		
	高さ	順流用	逆流用	高さ	順流用	逆流用
上層	A.P. + 1.0m			A.P. + 1.0m		
中層	A.P. ± 0.0m			A.P. + 0.2m		
下層	A.P. - 1.3m			A.P. - 0.5m		

### (3) 流量観測

連続モニタリングで計測している流速は、断面の平均流速ではないため、このデータから直接に河川流量を求めることはできない。流量の時系列変化を把握するには、流量観測を行い実際の河川流量を把握し、連続モニタリングデータと流量の関係式を求める必要がある。

表 - 2に、2地点で行った流量観測の概要を示す。2地点では、無降雨時と降雨時の両方の調査を行っている。観測に使用した機器は、調査a～cが流速計、調査d～hがAcoustic Doppler Current Profiler (ADCP)<sup>1)</sup>である。なお、調査fでは、大きな流量が発生した際にADCPの使用が困難となったため、浮子を用いて観測を行った。観測は、1時間間隔で正時に行った。

表 - 2 流量観測の概要

調査番号	観測日	観測回数		降雨条件	使用機器
		美倉橋	西河岸橋		
a	平成20年1月22日	8	8	無降雨時	流速計
b	平成20年1月29日	12	12	無降雨時	流速計
c	平成20年2月26日～27日	12	12	降雨時	流速計
d	平成20年8月1日～2日	24	24	無降雨時	ADCP
e	平成20年9月19日～21日	48	48	降雨時	ADCP
f	平成21年7月14日～25日	0	24	無降雨時	ADCP
g	平成21年8月10日～11日	24	24	降雨時	ADCP
h	平成21年10月7日～8日	24	0	降雨時	ADCP、浮子

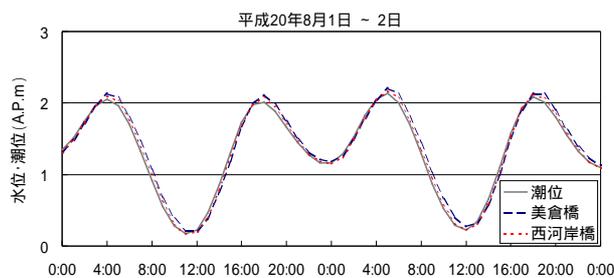


図 - 2 水位・潮位の時系列変化（無降雨時）

## 2. 調査結果

### (1) 連続モニタリング

図 - 2に、降雨がなかった平成20年8月1日～2日における2地点の水位と潮位の時系列変化を示す。図中の潮位は、中央区晴海に位置する気象庁東京の観測潮位を表わしている。2地点の水位は、潮位とほとんど変わらず、潮位と同様の時系列変化をしている。

図 - 3に、強い雨が観測された平成21年10月7日～8日における2地点の水位と潮位の時系列変化を示す。雨量は、気象庁東京アメダス観測所の降水量を表わしている。時間40mmを超える極めて強い雨が観測された8日4時における潮位は、A.P.+1.15mであるのに対し、河川水位は、美倉橋がA.P.+2.12m、西河岸橋がA.P.+1.62mであり、2地点の水位は潮位より大きくなった。また、美倉橋では、西河岸橋より大きな水位が発生した。7日には時間3mm以下の雨量が数時間観測されているが、2地点の水位に大きな違いはなく潮位と同様の変化となっている。

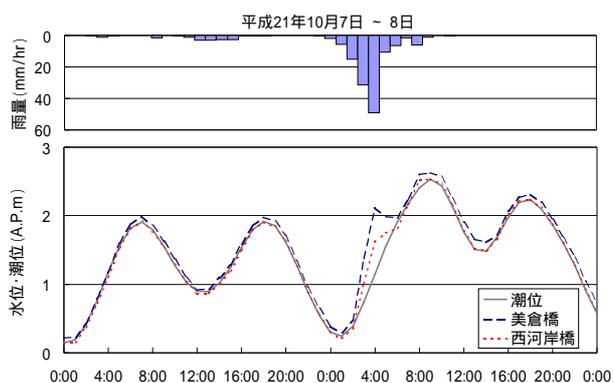


図 - 3 水位・潮位の時系列変化（降雨時）

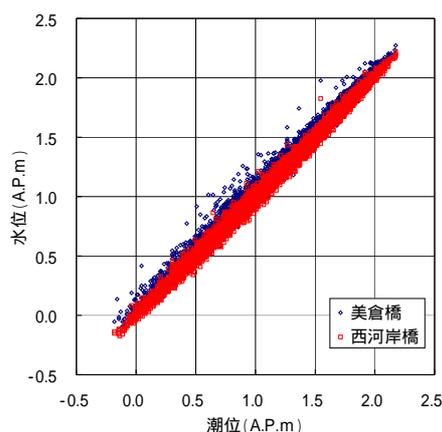


図 - 4 水位と潮位の関係

図 - 4に、平成20年の正時における潮位と水位の関係を示す。2地点の水位は、概ねA.P.-0.1m～A.P.+2.2mの範囲で変化している。強い雨による増水時を除くと、2地点の水位と潮位の間には線形の関係がみられ、強雨時以外の水位を潮位から推定することが可能である。

図 - 5に、2地点における平成20年1月1日～7日の流

速モニタリング結果を示す。図中の流速は、順流方向の値から逆流方向の値を引いたものであり、プラスは順流方向の流れ、マイナスは逆流方向の流れを表わしている。

上層についてみると、中層や下層より大きな流速となっており、2地点共に水面付近の流れが最も速いものと考えられる。図の期間についてみると、上層はほとんどが順流方向の流れとなっており、上層流速は美倉橋では最大0.20m/s、平均0.07m/s、西河岸橋では最大0.28m/s、平均0.13m/sとなっており、西河岸橋でより大きな流速が生じている。なお、周期的にデータが存在しない区間が存在するが、これは上層流速計の設置位置が干潮時の水位より高いためである。

中層についてみると、流速の順流・逆流の両方向の流れが発生している。図の期間における中層流速の平均は、美倉橋0.02m/s、西河岸橋0.01m/sであり、美倉橋の方が大きな流速が生じている。

下層の流速についてみると、この期間の平均流速は2地点共に0.01m/sであるが、流速の範囲は美倉橋-0.07~0.05m/s、西河岸橋-0.01~0.03m/sであり、西河岸橋の方が流速の範囲が小さくなっている。

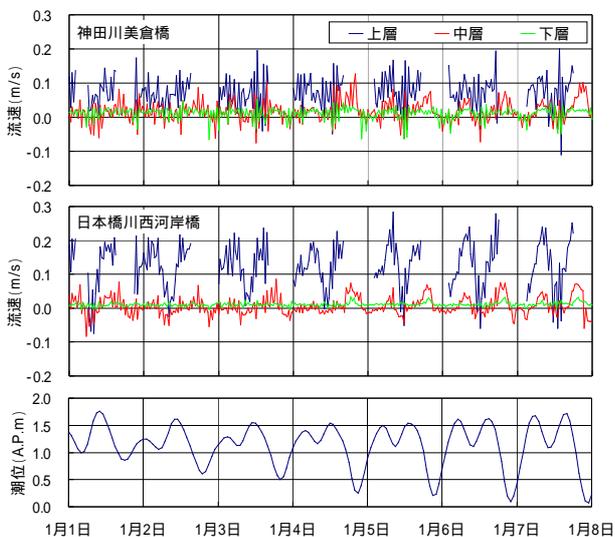


図 - 5 流速の変化



写真 - 1 流速計周辺の付着物  
(左: 除去前、右: 除去後)

各層の流速から、美倉橋では水面付近以外でも流れがあるのに対して、西河岸橋では流れがあるのは主に水面付近であり、河床付近では流れがほとんどないものと考えられる。

流速の連続モニタリングにおいて、平成20年4月以降美倉橋の中層・下層流速計および西河岸橋の下層流速計の出力レベルが低下する問題が発生した。流速計を水中から取り出したところ、写真 - 1のように流速計周辺に付着物が確認された。感潮河川のモニタリングにおいては、本調査と同様の問題が生じる可能性があり、計測機器の種類や設置位置等を工夫する必要がある。このことについては後で説明する。

(2) 流量観測

図 - 6に、無降雨時の調査である平成20年8月1日~2日の観測流量と潮位の時系列変化を示す。2地点の流量は、潮位と同じ周期で概ね-20~20m<sup>3</sup>/sの範囲で変動している。流量波形の位相は、潮位波形に対して1/4周期遅れており、満潮・干潮時に流量がほとんど0になっている。

図 - 7に、降雨時の調査である平成20年9月19日~21日の観測流量と潮位の時系列変化を示す。時間10

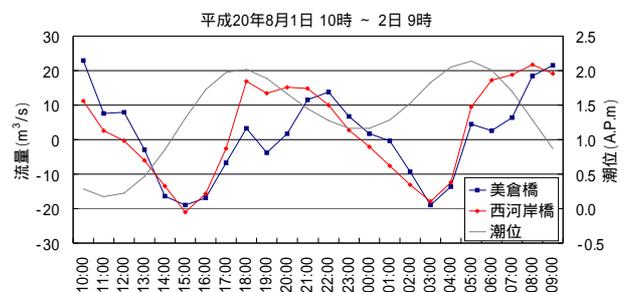


図 - 6 観測流量と潮位 (無降雨時)

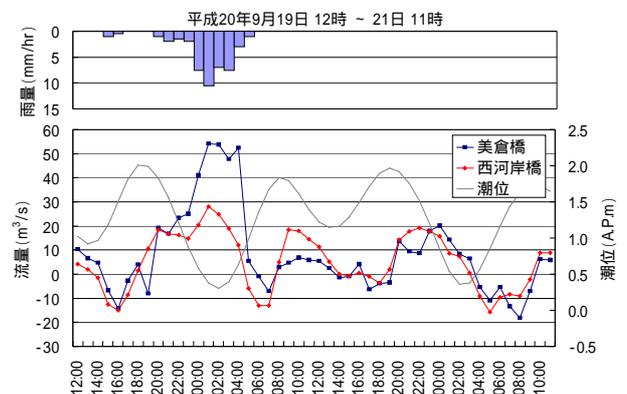


図 - 7 観測流量と潮位 (降雨時)

mmを超える強い雨が観測された20日1時に2地点の流量が最大となっており、この時の流量は美倉橋 $54\text{m}^3/\text{s}$ 、西河岸橋 $28\text{m}^3/\text{s}$ であった。強雨時以外の流量は、概ね $-20\sim 20\text{m}^3/\text{s}$ の範囲で変化しており、無降雨時と同様の時系列変化となっている。

無降雨時の調査で観測された流量は、美倉橋では $-19.1\sim 25.6\text{m}^3/\text{s}$ 、西河岸橋では $-21.0\sim 22.9\text{m}^3/\text{s}$ であり、2地点の観測流量の範囲は概ね同じであった。一方、降雨時の観測流量の最大値についてみると、調査cでは美倉橋 $40.2\text{m}^3/\text{s}$ 、西河岸橋 $22.0\text{m}^3/\text{s}$ 、調査eでは美倉橋 $54.0\text{m}^3/\text{s}$ 、西河岸橋 $28.0\text{m}^3/\text{s}$ となっており、美倉橋において西河岸橋より大きな流量が発生している。

### 3. 流量モニタリング手法の検討

治水安全度の検討や洪水予測等では、洪水時の発生する流量を計算することから、流量の時系列変化の把握が重要となる。平成19年度以降に実施した調査結果を踏まえて、連続モニタリングデータから流量を算出する方法を検討する。

#### (1) 無降雨時の流量

図-8に、美倉橋における無降雨時の観測流量と水位の関係を示す。一般的に潮汐の影響を受けない河川では、水位と流量の間には一意の関係がみられ、水位流量曲線として表わされる。しかし、感潮域である2地点では、図に示したように水位と流量の間には関係はみられないことから、水位流量曲線を用いない流量把握手法が必要となる<sup>2)</sup>。

図-9に、美倉橋における無降雨時の観測流量と水位変化量の関係を示す。図の水位変化量は、1時間に変化した水位を表わしており、流量を観測した時の水位からその1時間前の水位を引いたものとしている。2地点において、観測流量と水位変化量の間には若干のばらつきはあるものの線形関係がみられることから、無降雨時の流量については、水位変化量から算定する。無降雨時における美倉橋流量の算定式を式1に、西河岸橋の算定式を式2に示す。

$$Q_b(t) = -37.4(H(t) - H(t-1)) + 1.6 \quad \text{式1}$$

$$Q_b(t) = -42.0(H(t) - H(t-1)) + 1.5 \quad \text{式2}$$

ここに、 $Q_b(t)$ ：時刻  $t$  における流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )、 $H(t)$ ：

時刻  $t$  における水位 (m)、 $H(t-1)$ ：時刻  $t$  より1時間前における水位 (m)。

式1と式2において水位変化量を0とした場合の流量は、美倉橋 $1.6\text{m}^3/\text{s}$ 、西河岸橋 $1.5\text{m}^3/\text{s}$ となり、この合計値 $3.1\text{m}^3/\text{s}$ は神田川上流から流下した流量だと考えられる。なお、豊島区に位置し潮汐の影響を受けない神田川曙橋における無降雨時の観測流量は約 $4\text{m}^3/\text{s}$ であり、 $3.1\text{m}^3/\text{s}$ と大きくは変わらない流量となっている。

無降雨時における流量時系列変化を把握するには、まず流量観測調査を行い、流量と水位変化量の関係式を求め、その後、水位モニタリングのみを行うことで対応できる。よって、感潮域に位置する水位観測所においては、今後、流量観測調査を行うことで無降雨時の流量時系列変化を把握できる。また、本調査地点のように水位と潮位がほとんど変わらない場合には、潮位変化から流量変化を把握することが

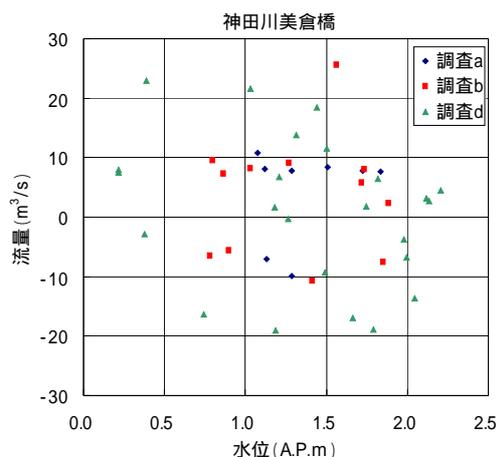


図-8 無降雨時の流量と水位

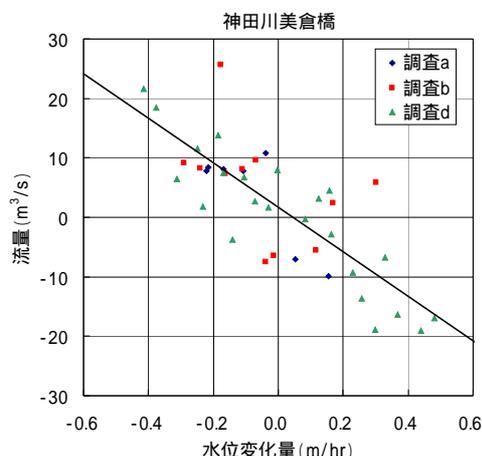


図-9 無降雨時の流量と水位変化量

可能である。

(2) 降雨時の流量

降雨時における美倉橋の流量と水位変化量の関係を図 - 10に示す。図 - 9に示した無降雨時とは異なり、流量と水位変化量の間に一意の関係はみられず、無降雨時と同様の手法で流量を算出した場合、流量を過少に算定することになる。このため、無降雨時とは異なる方法で河川流量を算出する必要がある。

流速モニタリングデータと観測流量の関係について検討した結果、上層流速と観測流量および中層流速と観測流量の間にはそれぞれ線形の関係がみられた。上層流速は水位が低い時間のデータが無く、また、中層流速は出力低下の問題があることから、上層流速と中層流速のデータを組み合わせて流量の計算を行うこととする。美倉橋における上層流速による流量計算式を式3に、中層流速による流量計算式を式4に示す。美倉橋の流量は、式1による $Q_b(t)$ 、式3による $Q_u(t)$ 、式4による $Q_m(t)$ の3つの値の最大をとる。西河岸橋についても式2、式5、式6を用いて同様の計算を行う。

$$Q_u(t) = 148.8Vu(t) - 0.2 \quad \text{式3}$$

$$Q_m(t) = 264.0Vm(t) - 3.7 \quad \text{式4}$$

$$Q_u(t) = 108.5Vu(t) - 10.7 \quad \text{式5}$$

$$Q_m(t) = 204.2Vm(t) - 1.3 \quad \text{式6}$$

ここに、 $Q_u(t)$  : 時刻  $t$  における上層流速による流量 ( $m^3/s$ )、 $Vu(t)$  : 時刻  $t$  における上層流速 ( $m/s$ )、 $Q_m(t)$  : 時刻  $t$  における中層流速による流量 ( $m^3/s$ )、 $Vm(t)$  : 時刻  $t$  における中層流速 ( $m/s$ )。

2地点におけるモニタリングデータを用いた計算流量と観測流量の関係を図 - 11に示す。計算流量は、概ね観測流量を算出できており、式1~6を用いることにより2地点の流量時系列変化を把握することが可能である。

(3) 観測施設

これまでの調査において、流速計の出力レベルが低下する問題や水位計の故障が発生した。感潮域の流量を長期間モニタリングする場合には、安定してデータを取得するため非接触型の流速計や水位計を用いることが望ましい。非接触型の計測機器は、付着物や洪水時の流水の影響を受けないことから、本

調査で生じた問題を回避できる。また、非接触型の計測機器を使用できない時に洪水時のみをモニタリング対象とする場合には、干潮時の水位より高い位置に計測機器を取り付けることが有効だと考える。水位が低い時のデータを取得できない欠点があるものの、付着物の問題が生じにくく、計測機器の状況

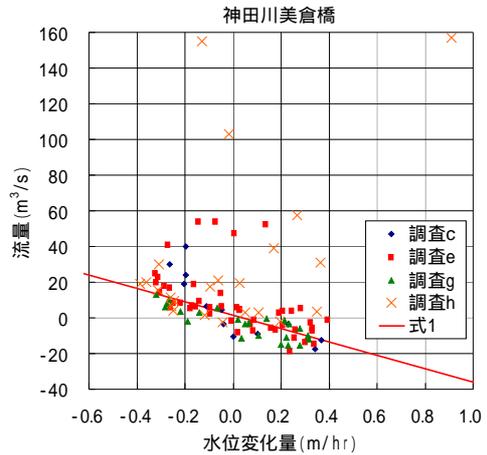


図 - 10 降雨時の流量と水位変化量

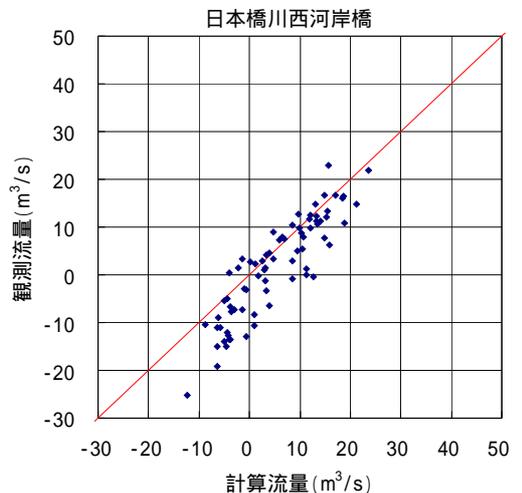
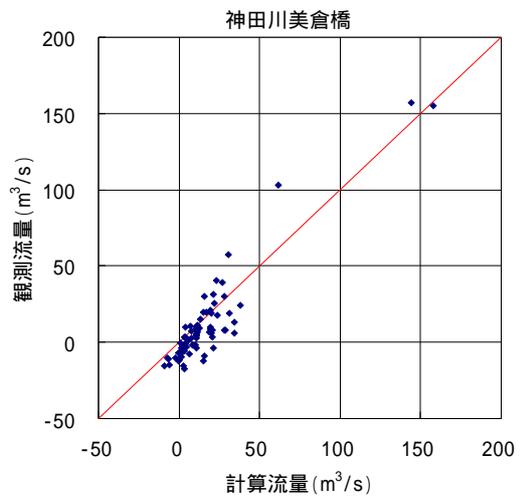


図 - 11 計算流量と観測流量

表 - 3 洪水時の最大流量

No	年月日	最大流量 (m <sup>3</sup> /s)		最大流量の比率	
		美倉橋	西河岸橋	美倉橋	西河岸橋
1	平成21年4月15日	101	45	0.69	0.31
2	平成21年8月7日	148	44	0.77	0.23
3	平成21年8月10日	150	50	0.75	0.25
4	平成21年10月8日	158	59	0.73	0.27

を容易に確認できることから保守が容易である。

#### 4. 大雨時の分流特性

中層流速計の出力レベル低下の影響がない平成21年度のマニタリングデータを用いて、2地点の流量時系列データを作成した。このデータをもとに神田川美倉橋において100 m<sup>3</sup>/s以上の流量が発生した4洪水を対象に2地点の最大流量を比較し表 - 3に示す。

表中の最大流量の比率は、2地点の最大流量の合計値に対する各地点の最大流量の割合を示している。2地点の最大流量の比率をみると概ね7:3となっている。

神田川下流域や日本橋川の洪水に対する解析においては、こうした特性が再現できるように計算条件の設定を行うことで、より適切な解析結果が得られると考える。

#### 5. まとめ

平成19年度から実施している神田川下流域と日本橋川における調査によって得られた知見は、以下のとおりである。

無降雨時における神田川下流域と日本橋川の水位は、潮位とほとんど同様の变化をしており、水位变化の範囲は、概ねA.P. -0.1m ~ A.P. +2.2mである。また、無降雨時の流量は、概ね-20 ~ 20m<sup>3</sup>/sの範囲で变化している。洪水時には、神田川下流域において日本橋川より大きな流量が発生し、大雨時に発生する最大流量の比率は、概ね神田川下流域7に対して日本橋川が3になっている。

水位と流速のマニタリングを行うことで感潮河川における流量の時系列变化を把握することができる。また、無降雨時の流量時系列变化のみであれば水位マニタリングだけでも把握することができる。

以上、感潮河川の流況特性の把握に向けた検討を行ってきたが、洪水予報や治水安全度の検討を行うため、今後、河川流量や潮位等の情報をもとに、河川水位を推定する方法を示すことが課題として残されている。

#### 参 考 文 献

- 1) 武藤裕則(2004) : A D C Pによる河川流観測、京都大学防災研究所年報、第47号B
- 2) 原田靖生、二瓶泰雄、北山秀飛、高崎忠勝(2007) : H-ADCP計測と数値計算に基づく感潮域の河川流量モニタリング～隅田川を例として～ 水工学論文集、Vol.52、943-948