

# 道頓堀川の水質変動特性と 水質管理についての調査解析

## FIELD OBSERVATION AND STUDY OF CHARACTERISTICS OF WATER QUALITY AND ITS MANAGEMENT IN DOTOMBORI RIVER

入江政安<sup>1</sup>・西田修三<sup>2</sup>  
Masayasu IRIE and Shuzo NISHIDA

<sup>1</sup> 正会員 博(工) 大阪大学大学院助手 工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 吹田市山田丘 2-1)

<sup>2</sup> 正会員 工博 大阪大学大学院助教授 工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 吹田市山田丘 2-1)

A lot of rivers and channels which were cut for water traffic flow through the center of Osaka City. The Dotombori River flows along and across the city's main streets and the landmark of Osaka. However, it is polluted so that it is the target of urban renewal and some measures are carried out. The water quality of this river is controlled by two water gates because more polluted upstream water and saline seawater in which the concentration of dissolved oxygen is very low flow into the river. In the present paper field observation is conducted to clarify the characteristics of the water quality and assess the operation of the water gates in this tidal urban river. The operation is good for the maintenance of the water quality, but the oxygen-deficient seawater intrudes and spreads onto the river bottom and makes influence on the bottom sediment.

**Key Words :** *Dotombori River, tidal river, dissolved oxygen, water quality management, urban river*

### 1. はじめに

都市河川は都市下水道の下流となることが多く、水質汚濁が進む一方で、都市空間を形成する構成要素として、近年一層重要となっている。特に都心部中心を流れる河川は都市再生の一翼を担い、本研究で対象とする大阪市内河川も都市再生特別措置法に基づいた施策「水都再生プロジェクト」の根幹となっている。

一方、都市域は河川下流平野部にあることが多く、従って、都市河川は海域環境の影響も受けやすい。大阪市内河川のように大都市近傍港湾域に流出する河川では、感潮区間において、海域の水質の影響を受けること多大である。

そのような都市河川においては、水質の維持あるいは改善のために、ある程度の流量が必要となるが、上流側で利水が行われ、また、得てして、下水処理水は河口近くあるいは直接海域に放流されることから、本川内を流下する流量が少なく、都市域内を流下するのに多くの時間がかかる。下水処理場の放水口が水域内にある場合は合流式下水道の諸課題もあって、出水時の汚濁水の流入が問題となる。したがって、大都市の感潮河川の水環境

は上流側の河川環境、下水道整備、および、海域環境と合わせて考える必要がある。

このような水域で水質の保全・管理、また、改善を行うために、様々な人為的操作が加わる場合がある。大阪市内河川においても道頓堀川の水質維持のため、上下流に設置されている水門を操作して、水質の維持に努めている。その操作については、上流端においては様々な検討が進められた結果、おおよそ射たものとなっているが、定量的な評価は未だなされていない。一方、下流端においては、海水の侵入量と水質、また、それらが道頓堀川内の水質に及ぼす影響については不明な点が多い。本研究では、水門操作の行われている大阪市内河川を対象に、水門内外の水質を調査し、水質変動特性を明らかにし、水門操作による都市感潮河川の水質管理についての解析を行う。

### 2. 現地の概要

#### (1) 現地の概況

かつての水の都大坂は堀川が縦横に張り巡らされ、舟運が盛んな都市であった。堀川(運河)は明治時代

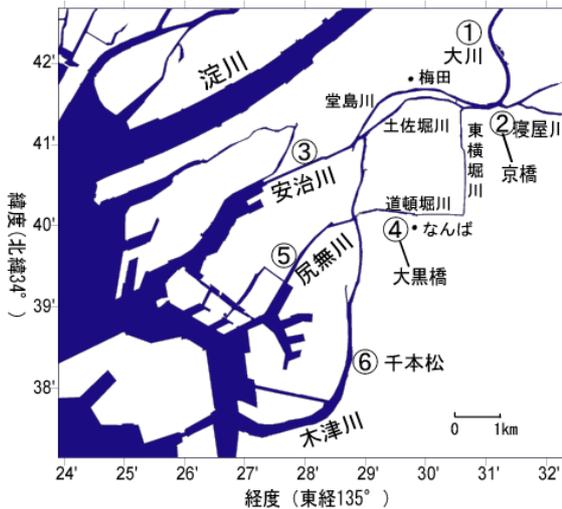


図-1 大阪市内河川図

丸付き数字は河川観測局の位置を示す

以降も掘り続けられたが、戦後、戦災瓦礫の処理や下水道・陸上交通の発達に伴い、堀川は一部を残して埋め立てられた。現在では、市内各所に堀に由来する町名や道路が数多く残り、かつての面影を留めている。

大阪市内河川の位置図を図-1 に示す。大阪市内河川とは概ね、北を淀川水系、南を大和川水系、東側を寝屋川水系で囲まれた水域を指す。上流端は淀川からの毛馬水門と寝屋川からの京橋口となる。淀川からは平常時は  $70\text{m}^3/\text{s}$  の水が毛馬水門を通じて、大川へ流され、寝屋川からは年平均流量  $42.5\text{m}^3/\text{s}$ <sup>1)</sup> の水が流入してくる。これら 2 種類の水は京橋で合流し、堂島川、土佐堀川を通じ安治川、木津川へと流れていく。木津川は大黒橋付近で道頓堀川と合流し、尻無川と分流する。

道頓堀川への水は大川と寝屋川が合流した直下で、東横堀川へと分流して南下し、日本橋付近で西向きへと折れ曲がり、道頓堀川へ流入する。東横堀川の上流と道頓堀川の下流には水門が設置されており、この水域の水質管理の役割を果たしている。図-2 はこの 2 つの水門の開閉操作についての概要図である。上流側の東横堀川水門は大阪湾潮位の満潮時前後 2 時間のみ開放している。これは図-3 に示すように、満潮時前後のみ上流の寝屋川の汚れた水が押し戻され、寝屋川に比べて清浄な大川の水が水門付近を流れており、この水を導水するためである。一方下流側の道頓堀水門は下げ潮時に水門を開放し、下流へ流出させている。

## (2) 道頓堀川の水質

大阪市内河川は、昭和 30 年代の高度経済成長期に生活排水・産業排水が増加し、十分に処理されずに放流されたため、水質が汚濁した。大阪府・市当局は公共下水道や高度処理の整備、河道内の浚渫などを実施し、水質の改善に努めてきた。公共用水域水質調査<sup>2)</sup>によると、道頓堀の水質は 1970 年頃に最も汚濁し、

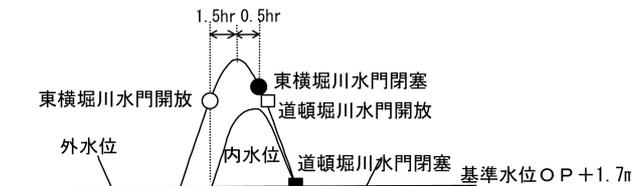


図-2 水門の開閉操作についての概要図

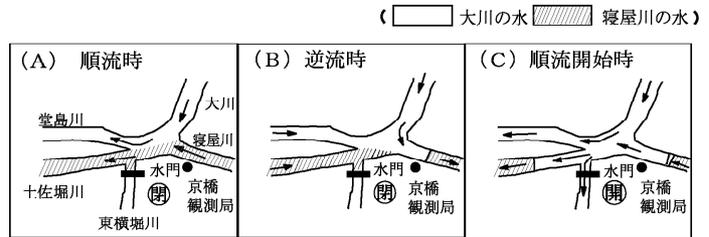


図-3 大川と寝屋川の合流部の模式図<sup>1)</sup>



図-4 観測点の位置

BOD で  $30\text{mg}/\text{l}$  を、COD で  $15\text{mg}/\text{l}$  を越える値を示した後、急激に改善し、80 年代中ごろより BOD が  $4\sim 8\text{mg}/\text{l}$ 、COD が  $2\sim 4\text{mg}/\text{l}$  となり、以降、わずかながら改善を示している。

道頓堀川を含む大阪市内河川における水質観測は公共用水域調査によるものだけではなく、水質の自動河川観測所が、寝屋川水系内の京橋を含めて 6 カ所設置されている (図-1)。したがって、時系列の水質データを取得することが可能であるが、採水は一水深のみで、水深が各点によって異なることから、感潮河川や夏季の成層構造を持つ水質を明らかにするには不十分である。また、水門操作の評価を行うには、後に 3 章で示すように、上流側での水門操作には既存データからある程度評価可能であるが、下流側での水門操作の評価については海水の流入による流動や密度、水質の鉛直構造が大きな影響を与えるため、これらのデータ取得が必要であり、今回の調査となった。

## (3) 現地観測の概要

感潮河川としての大阪市内河川の水質特性を明らかに

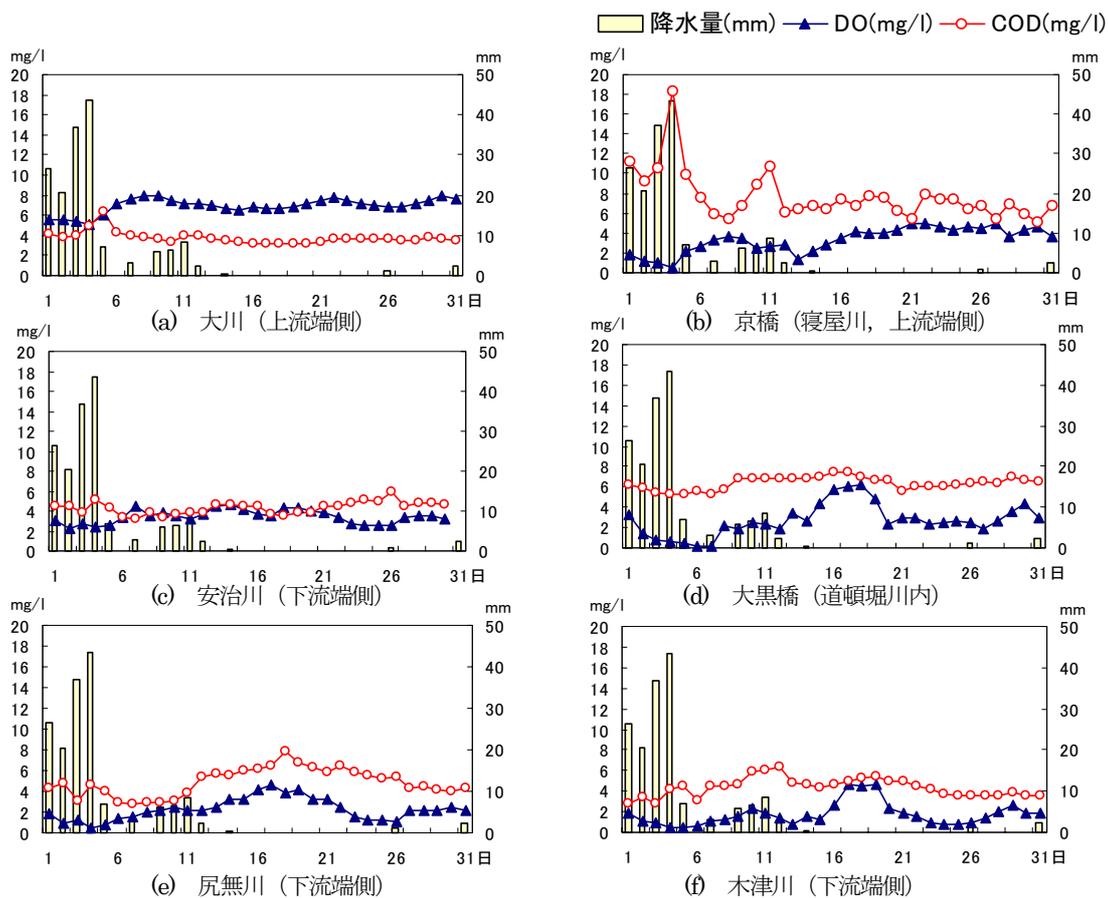


図-5 2005年7月の日降水量・COD・DOの日変化

するために、道頓堀川・東横堀川で橋梁上から多点鉛直分布観測、また、道頓堀水門内外で、鉛直二層の連続観測を実施した。調査地点を図-4に示す。多点鉛直観測は2005年10月28日、11月1日に、連続観測は11月29日から30日にわたっての24時間連続で実施した。多点鉛直分布観測においては、図-4に示す4点において、水温・塩分・DO・クロロフィルa・pHを測定した。観測水深は0.5m間隔とした。連続観測においては、汐見橋 (B1; 水門内) と大正橋 (A1; 水門外) の2地点において上層(表層-50cm)では流速・水温・塩分・DOを、下層(底層+50cm)では流速・水温・塩分・DO・水位・クロロフィルa・濁度を測定した。また同時に、バンドーン型採水器を用いて、1時間おきに上層(表層-50cm)、下層(底層+50cm)にて採水を行った。分析項目はアンモニア態窒素(NH<sub>4</sub>-N)、亜硝酸態窒素(NO<sub>2</sub>-N)、硝酸態窒素(NO<sub>3</sub>-N)、リン酸態リン(PO<sub>4</sub>-P)、ケイ酸塩(silica)である。

### 3. 市内河川の水質の特性

#### (1) 水質の日変動特性

図-1に示した河川観測局の水質データから、2005年7月のCODとDOの日変動を図-5に示す。河川観測局の取水口は公共用水域調査の採水水深より深い。そのため、たと

えば、DOは公共用水域の調査結果より低くなることが多い。この間の気象を見ると、6月30日には降水がなかったものの、1日から4日にかけての日降水量は10.5~43.5mmとなる大雨で、これは西日本で梅雨前線が活発になったことによる。その後、梅雨前線は9~12日頃に日本上空に停滞するが、その後は安定した天候となった。この月初の降雨時の水質の変化を見ると、淀川から導水されている(a)大川の水質は平常時と大きな違いが見られない一方で、寢屋川の出水の影響を受ける(b)京橋での水質はCODが10mg/l以上に高くなり、DOが2mg/l以下へと低くなっていることが分かる。下流端側を見ると、大川・寢屋川に最も近い河口の(c)安治川では、CODは大川の値に近く、DOは大川と寢屋川の値のあいだに位置している。一方、(e)尻無川、(f)木津川の2つの下流観測点では、出水時にはDOは無酸素に近い状態となっている。道頓堀川内の(d)大黒橋でも同様の結果で、より無酸素状態となっている。これらのDOの低い3点の値は寢屋川のDOの日変動と良く一致しているが、その一方で、COD値については寢屋川の値に追従しているとは言えない。したがって、この3点におけるDOの低下は寢屋川水質の低下以外にも原因があると考えられ、海域からの貧酸素水塊の流入も一因であると推察される。

#### (2) 水質の時間変動特性

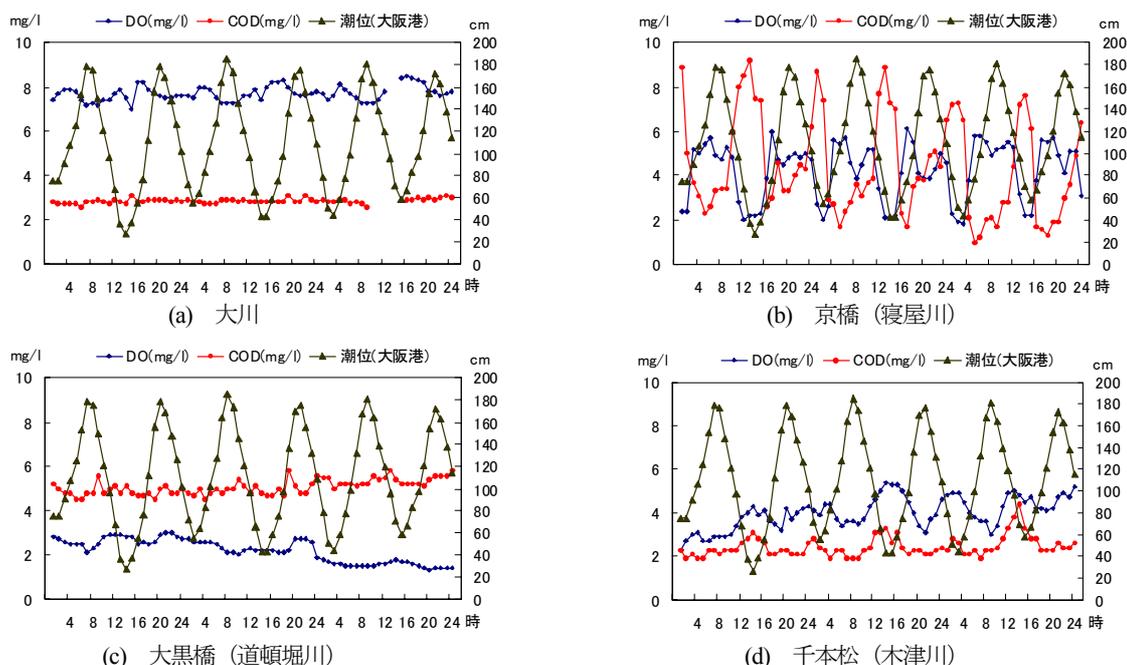


図-6 潮位・COD・DOの時間変化

2005年9月18～20日に河川観測局で観測されたCODおよびDOの時間変化を大阪港の観測潮位とともに図-6に示す。この時期の潮汐は大潮に相当する。大川では、潮位変動の影響を受けずに、CODおよびDOがほぼ一定であることが分かる。しかし、(b)京橋では下げ潮最盛時にはCODが高く、DOが低くなりはじめ、干潮時に極大および極小を示す。満潮前後の2時間のみを上流側水門を開放することで、東横堀川および道頓堀川への寝屋川水の流入を防いでいることは明らかである。したがって、上流側の水門は確実に大川の水が流入して来るであろう満潮から下げ潮最盛時に至らない時刻の間でのみ開放可能であり、現在の水門操作はほぼ適正に行われているといえる。

一方で、大黒橋でのCODの値は時間が経つにつれ漸増し、DOは漸減している。これは、道頓堀川が上下流とも水門をほとんどの時間、締め切ってしまうために滞留しやすい状態になっていること、また、それにより、底泥などによる酸素消費が行われていることが原因であると考えられる。採水深が異なるため、単純には比較できないものの、道頓堀川内の水質は下流の(d)千本松の水質より悪くなっているのは特徴的である。このデータだけを見れば、上げ潮(逆流)時に下流側からも比較的清潔な状態の水を導水することも考えて良いことが分かる。

#### 4. 海水侵入が水質に及ぼす影響

##### (1) 道頓堀川水門内外の水質特性

多点鉛直分布観測の結果から、道頓堀水門内外における水温、塩分、DO、クロロフィルa、濁度の鉛直分布を図-7に示す。水門外の測点A1の水温は、潮位変化の大

きい1回目の下げ潮および干潮時には、成層は見られず、一様な鉛直分布を示している。満潮時には、底層の水温の方が表層よりも高く、顕著な水温成層が形成されている。また、塩分についても、潮位変化の大きい1回目の満潮時に、淡水と塩水の混合が弱く、淡水の下層に遡上した塩水が流入していることが分かる。下げ潮時、干潮時には、塩水がほとんど入っておらず、鉛直方向に一様になっていることが確認できる。水門より上流の測点B1、B3においては、B1の底層上で水温および塩分の成層が見られるものの、B3では水温・塩分ともにほぼ一様な鉛直分布を示している。これらの測点では観測期間を通して、等塩分線がほぼ水平で、潮汐変化の影響を受けていないと言える。

水門下流の測点A1におけるDOは、干潮時には、表層で5mg/l、底層で7mg/lとなり、比較的高い値を示している。それに対し、潮位差が大きな1回目の満潮時には中層から底層にかけて0～3mg/lと貧酸素状態となっていることがわかる。満潮時には顕著な塩分成層が形成されており、貧酸素状態の水塊が現れるのは塩水侵入の時空間変動と一致している。クロロフィルaについては、測点A1において、最も濃度の高い時間帯は異なるが、クロロフィルa濃度が底層で高くなっている時空間特性は塩水の侵入状況とよく一致していることが分かる。以上から、水門内の測点A1では上げ潮時に、DOが低く、クロロフィルa濃度の高い塩水が底層に流入してきたと考えられる。また水門内の測点B1、B3においては潮汐の影響をほとんど受けておらず、鉛直分布にあまり変化が見られない。しかし、底層ごく近傍の、塩分が若干高い水深では、DOが低くなっており、底質の酸素環境へ影響を与えているものと考えられる。このように、水門内と水門外における水

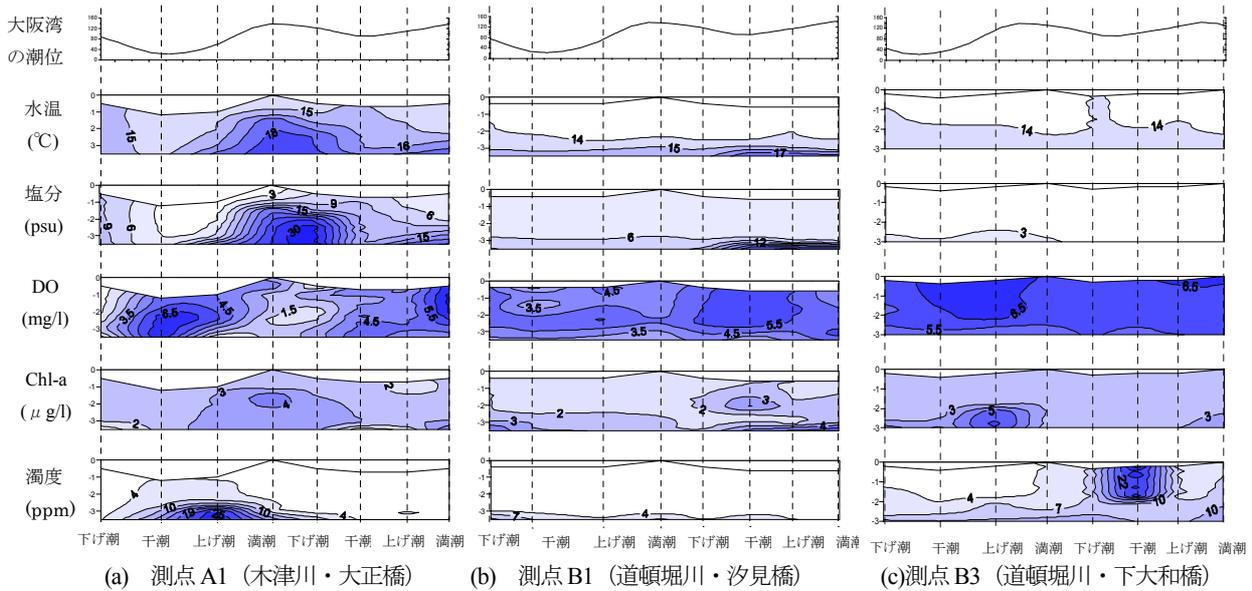


図-7 道頓堀水門内外の水温・塩分・DO・クロロフィルa・濁度の時空間分布

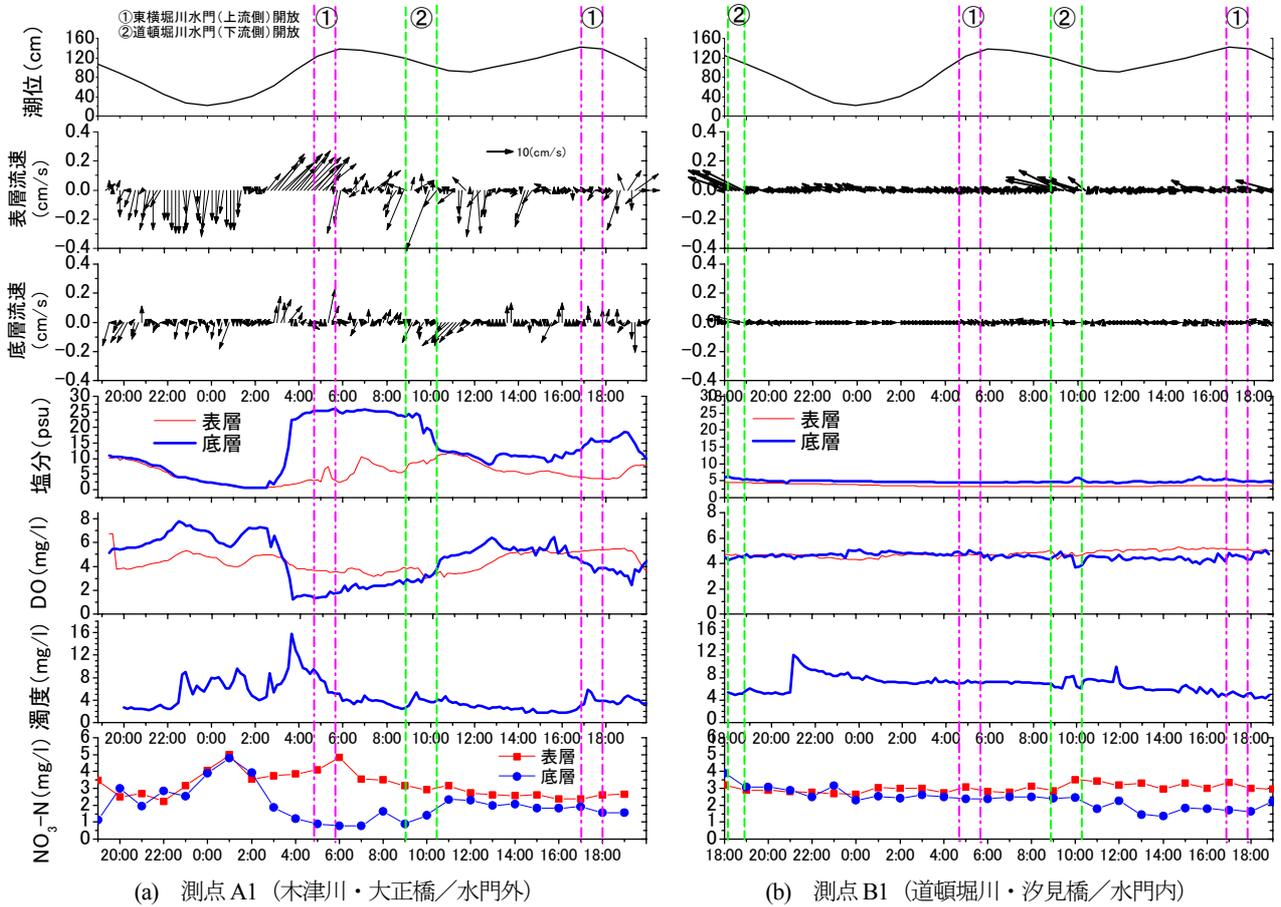


図-8 道頓堀水門内外の流動・塩分・DO・濁度・NO<sub>3</sub>-Nの時間変化

質は大きく異なっていることがわかる。

## (2) 潮汐と水質の連関

連続調査結果から、図-8に道頓堀水門内外における流速、塩分および栄養塩濃度の代表値としてNO<sub>3</sub>-Nの時間変化を示す。流速は上向きが北流、右向きが東流で表している。測点A1において、下げ潮から干潮そして上げ潮

の始まりにかけて表層と底層ともに南向きの流れが卓越し、木津川下流方向へ流下している。また大阪港の潮位が干潮から上げ潮へ移行していても測点A1ではしばらく下流側への順流が続いている。一方で、上げ潮の始まりから満潮にかけては、底層だけでなく表層においても北向きの流れが卓越し、上流側へ逆流していることがわかる。

塩分について見ると、順流時(下げ潮時)に塩分濃度が低くなり、表層と底層の塩分濃度差はほぼゼロである。また転流し、上げ潮時になると、底層の塩分濃度は約25psuを示し、高濃度の塩水が流入してきたことが分かる。栄養塩濃度は、測点A1について順流時には、表層と底層でほぼ同じ値を示しながら上昇し、干潮時(30日1時)に最大値を示す。逆流時には、底層で急激に栄養塩濃度とDOが低下する。したがって、この水門外の地点では、下げ潮時に上流河川、特に寝屋川、の汚濁水の影響を徐々に受けて、上げ潮時には底層に低栄養塩・貧酸素の塩水が流入していることが分かる。

一方、道頓堀水門内の測点B1では、水門解放時にしか、流れが発生せず、塩分も鉛直方向に一定と見なすことができる。この観測日は水門操作により、表底層ともDOが4mg/l以上を維持しており、比較的良好な水質を維持できているものと考えられる。

## 5. 考察とまとめ

本研究では道頓堀川で現地調査を実施し、水門外を流れる河川水と海水の流動および水質を明らかにした。また、それらが道頓堀川内の水質に及ぼす影響について、上流側の河川水が及ぼす影響と合わせて解析した。

既往の知見のとおり、東横堀川水門の操作により、寝屋川水による道頓堀川内の水質汚濁を防いでいることが分かる。しかし、水門の閉塞時間が長いと、水の滞留による汚濁が懸念される。図-6(a)を見ると、満潮時にはより上流の大川側でもDOが低下しており、汚濁した水が混合・拡散しているものと考えられ、現状以上の開放時間を確保するためには、合流部での汚濁物質の混合・拡散過程や潮汐の大小による影響をより詳細に調査する必要がある。

一方、現状以上の開放時間を確保するために、下流側の道頓堀水門をより長く開放する方法も考えられる。図-9に連続観測で得られた道頓堀水門内外の単位幅当たりのNO<sub>3</sub>-Nフラックスを示す。正が上流へ流入、負が下流へ流出することを示している。水門が閉塞している時間中に道頓堀川内に滞留していた栄養塩は、開放時に流出している。この結果、測点B1における栄養塩フラックスの1日の累計は負(流出)方向となっており、下流側の水門操作も水質改善をもたらしていることが定量的に明らかにできる。しかし、今以上に開放時間を拡大しようと考えた場合、図-7(a)に示すように、満潮後の下げ潮時においてもなお、道頓堀水門外近傍まで貧酸素(かつ低栄養塩)の塩水が残っていることから、より水門開放の時期を早めるのは難しいことが分かる。また、図-9(a)の栄養塩フラックスが示すように、下げ潮になったからといって、必ずしもフラックスが負、つまり栄養塩が流出する方向になるとは

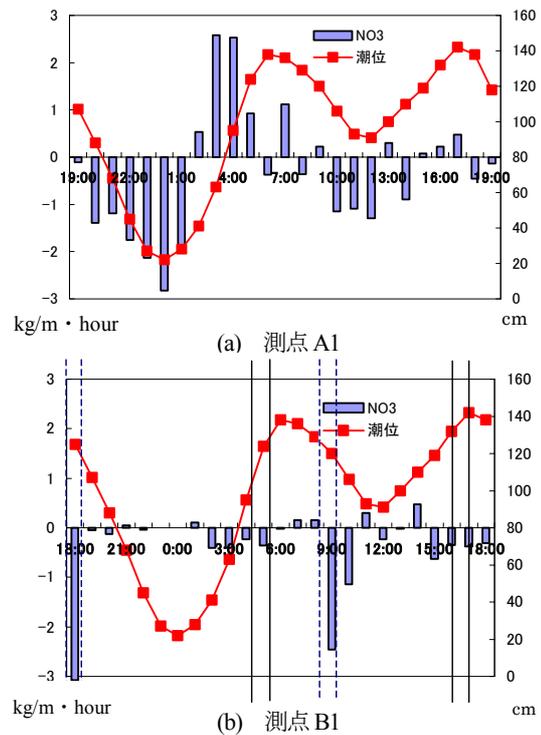


図-9 単位幅当たりの硝酸態窒素フラックスの時間変化

限らない。これは3(1)の解析から、道頓堀川と下流側の水質が類似した傾向を持っており、道頓堀川内は下流側の影響を受けている可能性がある点と一致する。さらに、わずかでも海水が道頓堀川内に流入した場合、河川水との密度差に起因して、滞留域内底層が海水で薄く覆われる。このため、低栄養塩ではあるが貧酸素の水塊が底質内の還元的反応を生起し、底質による酸素消費をもたらす。結果として、水門閉塞時間中の底層DOの漸減を招いていることが推察される。むしろ、海水侵入パターンをより詳細に分析することで、水門開放時間を延長することも可能である。現在の水門操作による水質管理は概ね良好な結果をもたらしているが、下流端側から海水の侵入とそれが水質・底質に及ぼす影響についてはより詳細な検討が必要である。

**謝辞:** 大阪市建設局および都市環境局、大阪府西大阪治水事務所には資料のご提供をいただきました。また、本研究室卒業生の梶山瑠美子氏にはデータの整理にご助力いただきました。ここに深甚の謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 大阪市都市環境局:平成15年度大阪市内公共用水域水質測定結果, 141p., 2005.
- 2) 例えば, 大阪府環境情報センター:公共用水域等水質データベース, [http://www.epcc.pref.osaka.jp/center\\_etc/water/data\\_base/index.html](http://www.epcc.pref.osaka.jp/center_etc/water/data_base/index.html).

(2006. 9. 30受付)