

8. 中川下流部における河川表流水の塩分濃度特性

Characteristics of Salt Concentration in Downstream of Naka River

技術調査課 岩屋隆夫 石原成幸 高崎忠勝

1. はじめに

2005年、河川部の依頼を受けて河川施設のヒートアイランド対策実験を行った。実験場所は図-1に示す中川下流左岸、江戸川区松島2丁目地先の堤外地のコンクリート護岸である。当該実験では、ヒートアイランド対策という目標に対し、護岸緑化と護岸散水によるコンクリート護岸の温度低減値などを実測しているが、一連の解析結果は既に発表しているので^{1)~2)}、本論は、実験調査で得られたデータの中から、塩分濃度等のデータを用いて、中川の塩分濃度とその特性について考察する。

ところで、実験場所の中川下流部は感潮域に相当している。このため、当該河川の表流水はこれまで利用できないと考えられていたきらいがある。しか

し、感潮域の河川表流水が護岸散水や沿川の緑地帯への散水などの水源として利用できれば、河川施設のヒートアイランド対策は、より現実味を帯びて具現化する可能性が広がる。そのためには、何よりも、感潮域における塩分濃度特性の把握が必要であり、本論は、この点において、意義があると考えている。

都区内の感潮域の諸河川には、今日、利水者が存在しないけれども、筑後川や利根川の下流部の水田地帯では、満潮時、上げ潮に乗る淡水を灌漑水源として取水して来た。筑後川下流部のクリークとこれと関係する佐賀江、また利根川下流右岸、黒部川沿川の江間えんまがこれである。つまり、感潮域における河川表流水の利用は、非現実的なことでは無いのである。

2. 塩分濃度の測定条件

2005年に実施した中川のヒートアイランド対策実験では、揚水ポンプに浮き袋を繋ぎ合わせ、これによって、常時、水面下30cmの河川表流水を取水できるようにしている。塩分濃度の測定に必要な水質計と水温計も、この揚水ポンプに付帯させている。従って、以下述べる塩分濃度と水温もまた、水面下30cmのデータである。使用機器は塩分濃度計がU-10、水温計がC104で、測定間隔は各々10分である。なお、当該実験は、前述したようにヒートアイランド対策実験のなかで行ったものであるから、測定期間もこれに規定され、夏期に相当する8月12日に開始し、10月3日に終了している（以下、当該



図-1 2005年の実験場所位置図

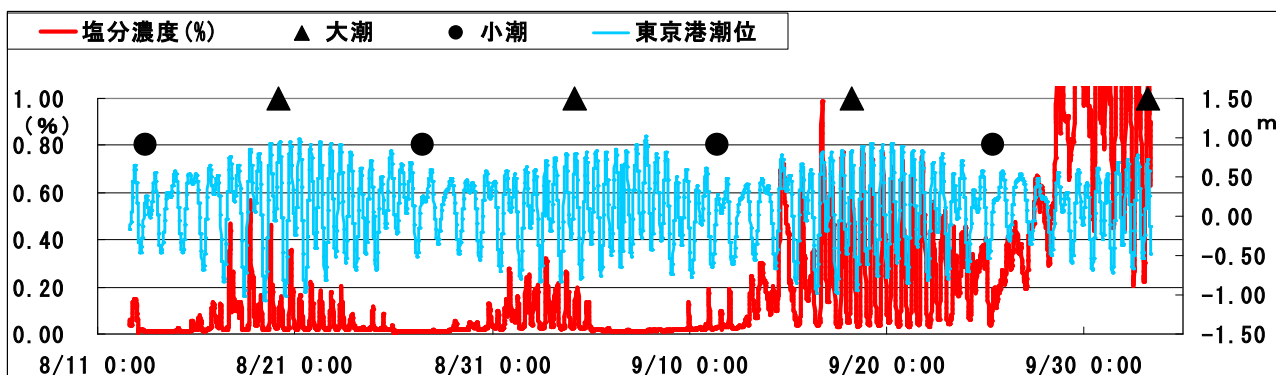


図-2 測定期間における中川下流部の塩分濃度と東京港潮位との関係

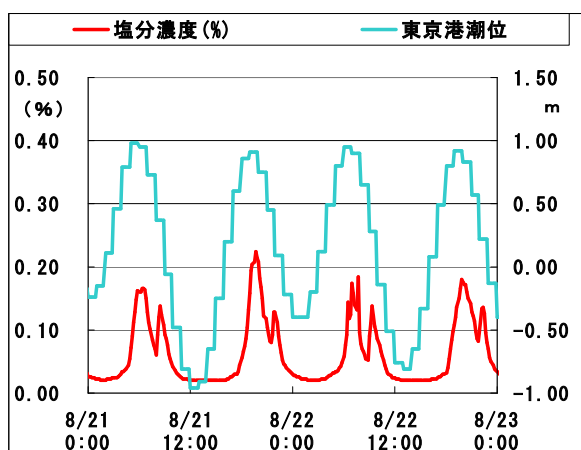


図-3 8月21日～23日の塩分濃度の変動

期間を単に「測定期間」と言う)。

3. 中川下流部の塩分濃度の変動

さて、測定期間における中川下流部の塩分濃度と東京港潮位との関係を示すと図-2のようになる。すなわち、中川下流部の塩分濃度は、8月20日、9月4日、9月14日の大潮を中心にして、延べ9日間に亘って高濃度が記録される一方で、8月13日、8月27日、9月11日の小潮を中心にして延べ3日から5日の間に低濃度が記録される。なお、9月11日の小潮前後における塩分濃度は、必ずしも低濃度ではないが、その原因なり理由は後述する。

他方、塩分濃度を時間単位で見ると、中川下流部の塩分濃度は、概ね日に1回もしくは2回、小さく上下変動している。図-3は、図-2を8月21日から23日の間で切り出したもので、塩分濃度は、満潮時にピークとなり、その後、引き潮と

共に低減し、干潮時に最低値を記録している。

では、このように日単位また時間単位で変動する中川の表流水は、緑地帯への灌水用水源として利用出来るか否か。本論の主題の一つである。結論的に言えば、灌水用水源に含まれる塩分濃度の適用範囲は残念ながら正確に把握されていない。そこで、既往の研究成果を調査すると、水稻生産を行う場合、灌水用水源に含まれる塩分濃度は概ね0.1%が指標になっているとされているので³⁾~⁴⁾、ここでは、当該指標を援用し、緑地帯への灌水用水源として利用可能な塩分濃度の限界を0.1%と仮定する。

この0.1%という塩分濃度を指標にして測定期間における実測値を見ると、大潮の日の前後4日間の範囲にあつて、当該日における東京港満潮時刻の前後4時間は0.1%以上が記録される。つまり、灌水用水源として中川表流水が利用出来ない時間帯である。但し、中川の塩分濃度は前述したように、9月11日以降、連日上昇している。この原因は幾分複雑なので、次章以下で考察していくことにする。

4. 潮位変動と中川下流部の水位変動

ここで、測定期間における中川下流部の水位変動を示すと図-4のようになる。データソースは、東京港潮位が気象庁潮位データ、中川水位が東京都水防災総合システムの西平井水門の外水位データである。なお、東京港潮位はT.P.表示であるけれども、西平井水門の水位はT.P.表示が無い任意の値である。

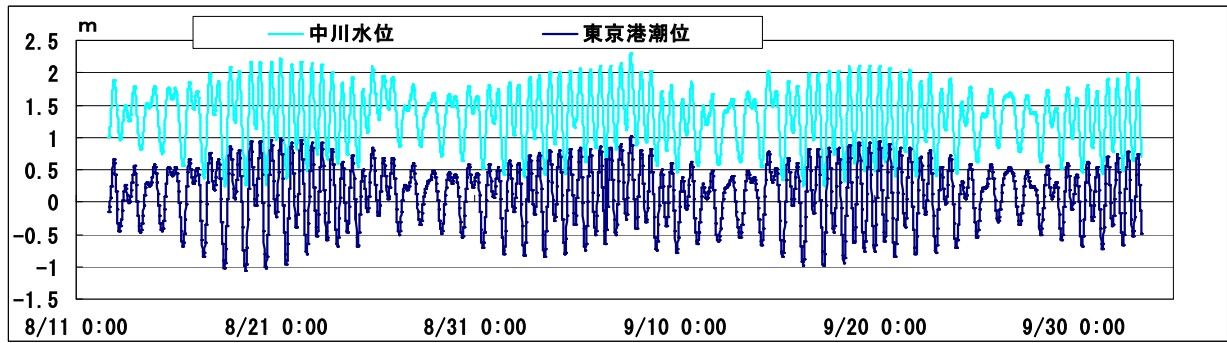


図-4 中川下流水位と東京港潮位との関係

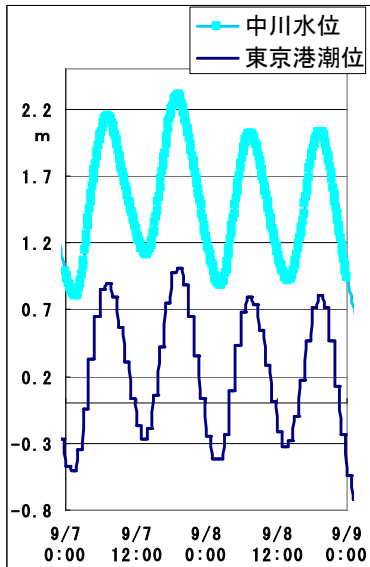


図-5 日に2回ある単純な水位変動

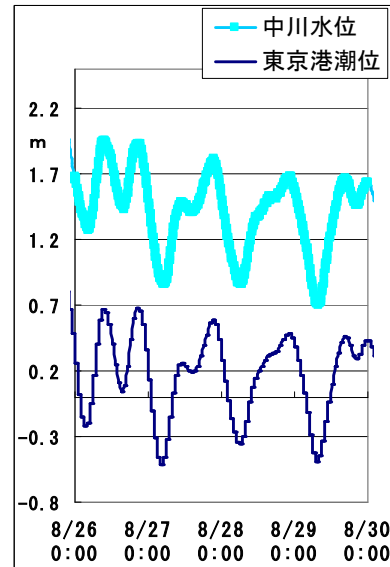


図-6 複雑な水位変動

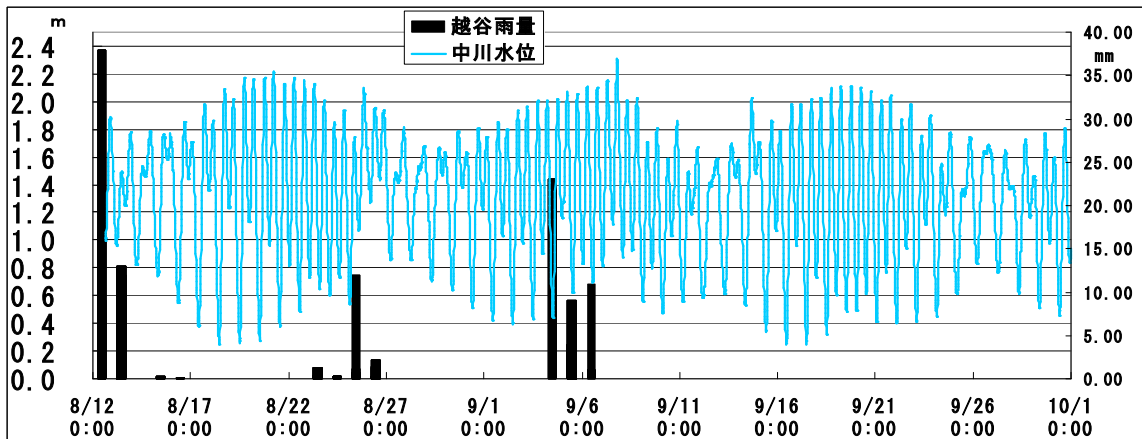


図-7 越谷降雨量と中川下流水位の関係

中川下流部の水位は、このように、全体として東京港の潮位に連動するよう変動していることが判る。

次に、図-4を対象にして8月27日と9月7日に限定して切り出したのが図-5と図-6である。つまり、日に2回有る潮位の単純な上下変動に連動して上下する中川水位の様子が描かれた図

図-5、そして日に1回発生する潮位の複雑な上下変動に連動する中川水位が描かれた図-6である。

例えば、図-5で東京港潮位は、9月7日から9月9日の間、日に2回、単純に上下する一方で、図-6の東京港潮位は、8月27日6:30に最低値を記録してから12:30まで上昇を続けた後、一転

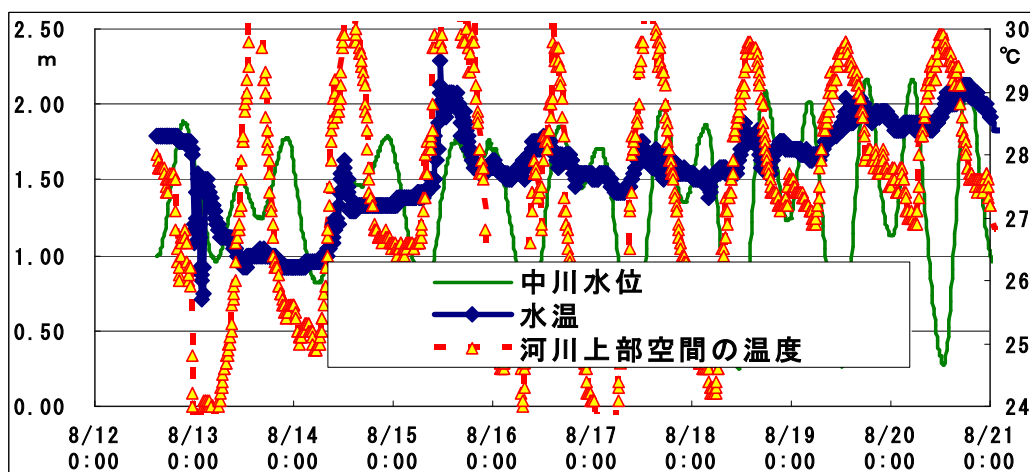


図-8 8月13日以降の中川下流の水温変化

して下降するけれども、下降は16:00で停止して、再び上昇に転じている。これが日に1回発生する複雑な上下変動である。こうした二つのパターンを持った潮位変動に対し、中川水位はこれに完全に同調している。つまり、中川水位は、東京港の潮位に規定されて変動しているのである。

ところで、こうした河川水位は、通常、流域に与えられた降雨に反応して上昇するのが一般的である。そこで、測定期間にあつて、中川中流部の降雨観測点の一つ、越谷雨量を見ると、越谷では測定期間に延べ16回の降雨を観測している。最大の日降雨量を記録したのが8月12日の86mmで、最大時間雨量は22:00から23:00に記録した38mmである。この8月12日降雨日を指標にして中川の水位と水温の変化を示したのが図-7である。(なお、下流の葛飾では翌8月13日に31mm、13日0:00から1:00に時間最大15mmが記録されている。しかし、中川の下流水位は、図-7に見るように、中流部の越谷の降雨に直結して上昇するような傾向が見られないのである。換言すれば、中川の下流水位は、潮位変動に規定されるところが大きく、この結果として、降雨に伴う河川流入量の増加に対し、水位が敏感に反応しない。

他方、当該降雨日を指標にして中川下流の水温を見ると、中川下流の水温は、図-8に示すように、越谷にあつて最大時間雨量が記録された時間帯の直後、8月12日の23:00を境にして急降下している(塩分濃度は図-2のように変化無し)。

一方、河川上部の空間温度は、水温と同様に低下しているけれども、8月16日から18日に至る間の河川上部の温度低下に水温変動が同調していないから、8月12日の水温の急激な変化は、外気温の低下以外の要因、つまり降雨に伴う出水の流入、という事実を裏付けているようにみられる。しかし、中川に限って言えば、これは断言できない。

何故ならば、中川の平水や高水の変動は、幾分複雑であるからで、その最大の理由は、流域の水収支という視点から見た中川の特殊性にある。

5. 中川の水収支

さて、中川は、河川法に基づく1級河川として指定されている。河川管理上の上流端は埼玉県羽生市、下流端は東京湾で、幹川流路延長が81km、流域面積810km²である。この中川の水収支を考える上で、最も重要な問題は、流域変更型の洪水処理と水利用が混在しているところにある。図-9がこの概念図である。

前者の流域変更型の洪水処理とは、放水路を用いた他流域への洪水放流のことで、中川にはこの型式の放水路として、中川の洪水を江戸川へと放流する幸手放水路と三郷放水路、中川左支川大場川の洪水を江戸川へと放流する大場川放水路、そして綾瀬川の洪水を中川へと放流する綾瀬川放水路がある。これに加え、葛飾区青戸で中川から分派し、中川の洪水の一部を東京湾に放流する新中川がある。つまり、中川流域で生じた出水の一部

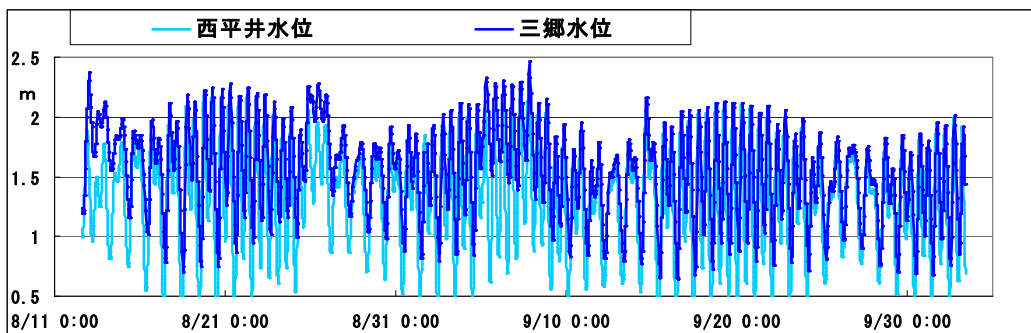


図-10 中川三郷地点における水位変動

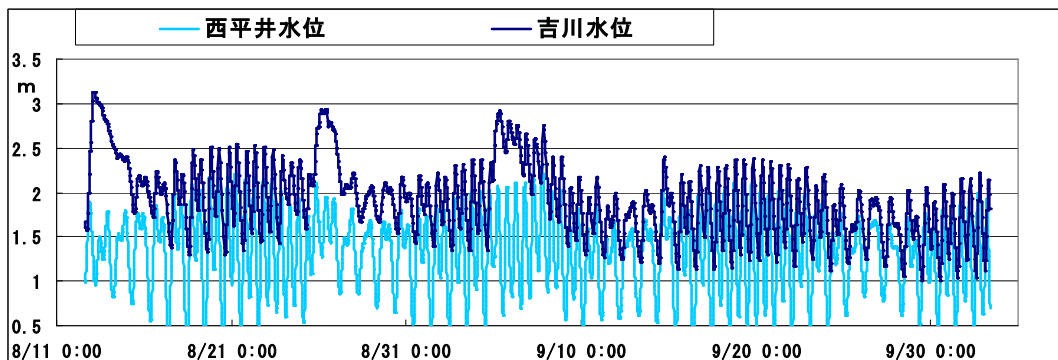


図-11 中川吉川地点における水位変動

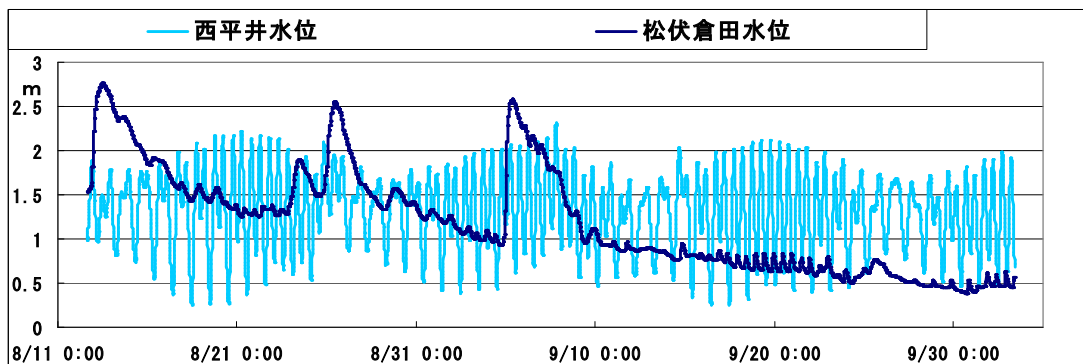


図-12 中川松伏倉田地点における水位変動

与える影響を考えるため、中川各地点の水位変動を以下、見ていくことにする。図-10、図-11、図-12は、国交省の水文水質データベースから得た中川の三郷、吉川、松伏倉田の各地点における水位変動グラフである。各図を見て判ることは、三郷地点の水位は中川下流の西平井地点の水位と同調して変動していることで、更に上流の吉川地点に至って、西平井地点の水位と同調しない値、すなわち8月13日、26日、9月5日の3つの大きな山が形成される。しかし、これ以外の各日は、図-11のとおり、吉川地点の水位は西平井水位とほぼ同調して変動している。ところが、更に上流の松伏倉田地点に至るとこれが一変する。

松伏倉田地点の中川水位は、前記の8月13日、26日、9月5日の3つの大きな山が形成された後、西平井水位に同調しないかたちで水位が低下している。つまり、中川水位は、松伏倉田地点に到達して初めて感潮域から外れ、淡水の増減による水位の上下変動を示すことになる。注目すべきは、9月11日以降の水位で、中川水位は図-12に見るように11日以降、急低下していくのである。

では、9月11日以降、中川水位は何故、急減するようになったのか。中川水位の急低下は、中川の水源の一つ、埼玉用水の残水の流入減、換言すれば埼玉用水の取水量の減少、停止に求められる。実験年の2005年における埼玉用水の取水実績は

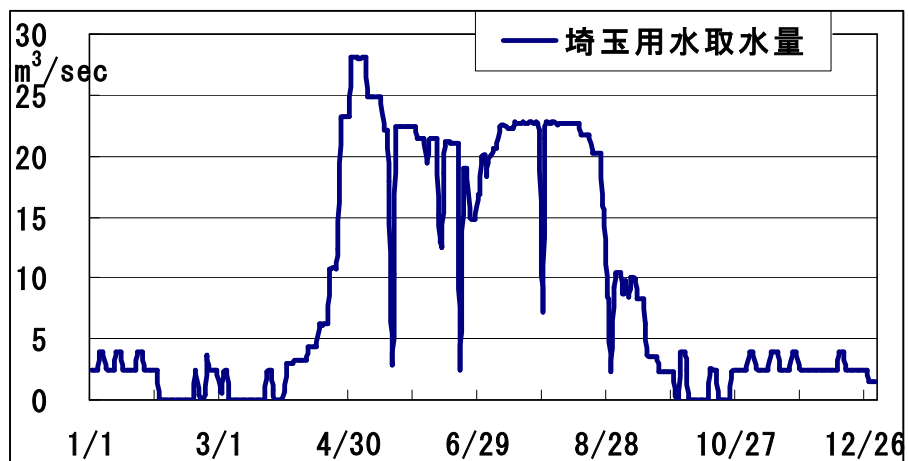


図-13 2004年の埼玉用水取水実績⁷⁾

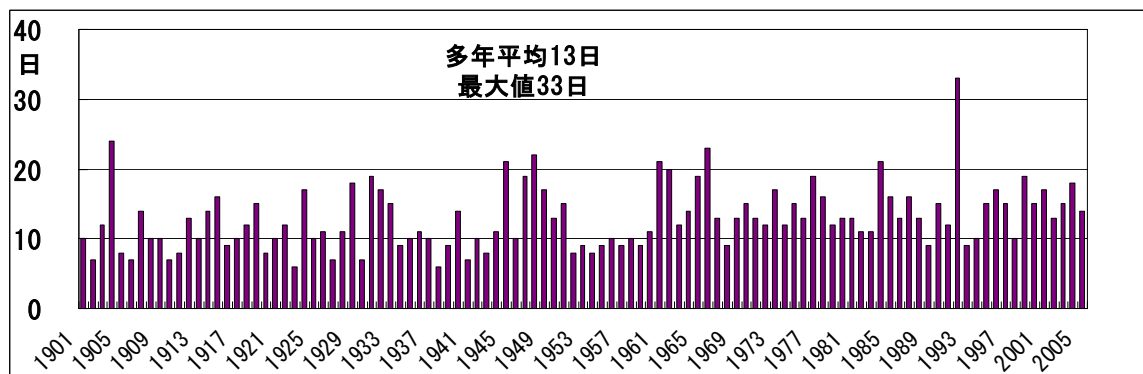


図-14 4月から10月の間における連続干天日数の極値

残念ながら得られなかったけれども、前年 2004 年の取水実績を見ると、ここに取水量の減少と停止の傾向が読みとれる。図-13 に示すのがそれで、埼玉用水の取水量は、4月26日以降、8月28日に至るまで、連日 $20\text{m}^3/\text{sec}$ であったものが、8月29日以降 $10\text{m}^3/\text{sec}$ となり、9月11日には $10\text{m}^3/\text{sec}$ を割り込んで低減していく。灌漑期間の末期に生じる取水量の低減である。ここで本題に戻れば、前述した中川下流部における9月11日以降の塩分濃度の上昇は、実に埼玉用水の取水量と符合する。中川下流部の塩分濃度は、中川の淡水量の増減、つまり埼玉用水の取水量に大きく規定されているのである。

6. 緑地帯への灌水量の試算

中川の河川表流水が沿川の緑地帯への灌水用水源として利用可能ならば、どの程度の灌水量が必要で、また中川から灌水用水を取水した場合、これは中川の自流量にどの程度の影響を与えるか。

河川表流水の散水を具現化する場合に求められる課題の一つである。以下、前記の課題について若干の考察を加える。

まず灌水の対象となる沿川の緑地帯の植物は主にツツジ類の灌木とし、ここでは目安として $5\text{mm}/\text{日}$ という灌水量を挙げておく。対象域が 100m^2 ならば $0.5\text{m}^3/100\text{m}^2/\text{日}$ という必要灌水量が求められる。

次に問題となるのが灌水総量であるが、これは灌水頻度に規定される灌水延べ日数から求められる。そこで、気象庁の過去データを元に作成した大手町における連続干天日数の極値を図-14に示す。つまり、夏期を中心にした4月から10月の6ヶ月間にあつて、連続して生じる無降雨の延べ日数の最大値である。例えば、2005年の場合、7月27日から8月9日に至る延べ14日間が、4月から10月に至る6ヶ月における最長の無降雨記録である。換言すれば、緑地帯に対し水分補給を最も必要とする日がこの連続干天期間であり、105

年間を通して見た場合の多年平均が13日となる。

こうした無降雨期間にあつて、沿川の緑地帯に対する灌水頻度を3日に1回と仮定すれば、各年にあつて、灌水を最も必要とする期間における灌水延べ日数は13/3、つまり4.3回ということになる。従つて、灌水を最も必要とする期間における灌水総量は $2.15\text{m}^3/100\text{m}^2/13\text{日}$ という数値が求められる。

他方、中川下流部における低水自流量は、前掲した灌漑期の基底流量 $2.318\text{m}^3/\text{sec}/100\text{km}^2$ を指標にすれば⁵⁾、 $18.544\text{m}^3/\text{sec}$ という数値が得られる。例えば、灌水対象面積が 1km^2 と拡大した場合であっても、日当たり灌水量は $5,000\text{m}^3/\text{日}$ 、これは平均取水ペースで $0.058\text{m}^3/\text{sec}$ であるから、日当たり灌水量や灌水総量は、埼玉用水の灌漑期における中川自流量に対して極端に小さい。従つて、中川から灌水用水を取水した場合に生じる中川の自流量の減少、そしてこれに伴う影響は、殆ど発生しないと考えられる。

7. まとめ

中川下流部における河川表流水は、以上のように埼玉用水の取水活動によって淡水量が大きく変

化し、これに伴つて塩分濃度もまた変動する。

0.1%という塩分濃度を指標にすれば、中川下流部にあつて表流水を沿川の護岸散水や緑地帯への散水の水源として利用するには、4月26日から9月10日の間にあつて、大潮の日の前後4日間で東京港満潮時刻の前後4時間が利用出来ない、ということになる。中川を利用する条件の一つである。

なお、本論では、利用可能な塩分濃度として0.1%という指標を挙げたところである。しかし、緑地帯への灌水用水の場合、この指標が妥当であるかどうかは問題がある。灌木や草本類が主体となる緑地帯と塩分濃度との関係、さらに土壌への塩分蓄積等も整理されたことが無いから、実際に中川の表流水を緑地帯の灌水源として利用するには、前記の問題点を予め検証する必要がある、と考へている。

謝辞

中川下流の塩分濃度の測定に際し、河川部計画課、第五建設事務所ならびに下水道局東部第二管理事務所にはお世話になった。各位には、ここに記して謝辞を表す。

参 考 文 献

- 1) 岩屋隆夫(2006):護岸緑化による護岸の温度変化、緑化に関する調査報告(その33)、東京都建設局、56-67.
- 2) 岩屋隆夫、佐藤俊彦、杉原大介、石原成幸、高崎忠勝(2006):河川施設のヒートアイランド対策に関する考察—コンクリート護岸の温度低減実験、土木学会第14回地球環境シンポジウム講演論文集、217-222.
- 3) 佐賀県農業技術防除センター、塩分と水稻の生育、<http://www.pref.saga.lg.jp/at-contents/shigoto/nogyo/nougyougijutsu/engai/engail.htm>
- 4) 石川県農業総合研究センター(2005)、小雨に伴う当面の農作物管理対策(気象災害対策H17-1)、1-4.
- 5) 白石英彦、大西英(1982):中川水系見沼代地区における広域水収支の解析、農業土木試験場技報B(水理)第50号、1-72.
- 6) 峯岸正人、市川近雄、谷内功、大久保義美(2001):埼玉県中川水系における農業用水の地域水循環と諸機能、農業土木学会誌第68巻第2号、165-172.
- 7) (独)水資源機構(2005)、平成16年度水資源開発施設等管理年報、161-172.