

# 都市河川の洪水対策と環境問題

## Countermeasures for flood and environmental problem in urban river

松 尾 直 規  
Naoki MATSUO

### 1. はじめに

平成12年9月の東海豪雨災害を契機として、水害に脆弱な都市における洪水対策の必要性が改めて認識された。その後、国土交通省から都市型水災対策<sup>1)</sup>が提示され、それを実現するための法的な枠組みとして特定都市河川浸水被害対策法が制定されるに至っている。都市河川の洪水では、外水氾濫による浸水被害のみならず、内水氾濫、さらには外水と内水の複合型氾濫による水害があり、その実態と特徴は、都市の複雑な構造に関係して単純でない。

一方、都市河川においては、貧相な自然的環境や水質汚濁など河川環境に関わるいくつかの問題を抱えていることが少なくない。ところが、こうした環境問題への対応と、河川改修や下水道の整備などによる都市河川の洪水対策とは、時として競合する場合もあり得る。また、洪水によって汚水の氾濫や浸水家屋等からのごみの大量発生といった新たな環境問題が起きる場合もある。

本稿では、まず、都市における洪水災害、すなわち都市型水災の特徴と課題を整理した上で、洪水に対する防災・減災対策について述べる。次に、都市河川の環境問題とその課題及び対応策についてまとめる。その上で、都市河川の洪水対策と環境対策との関連について言及し、両者が競合することなく互いに補完し合えるような対策のあり方について考察する。

### 2. 都市型水災の特徴と課題

#### 2. 1 都市型水災を特徴付ける要因

近年、都市における洪水被害が各地で生起し、その対策が急務となっている。この都市型水災には、我が国における都市の地理的、気象的条件に加え、水害に脆弱な都市の構造、水災情報の収集・伝達体制の不備とそれを受ける住民意識の問題などが関係していると考えられるが、それらを列挙すれば次のようである。

- (1) **日本の都市と河川の地理的特徴**：日本の都市の多くは沖積平野の低平地に位置し、都市域を流れる川の多くは天井川の性格を持つことから、水害に対する潜在的なリスクが大である。また、家屋が密集するとともに地下鉄などの地下構造物を有する市街地では、河川改修に対する制約条件が多く、必要な改修を進めることは容易でない。
- (2) **頻発する集中豪雨とヒートアイランド現象**：地球温暖化に伴う広域的な気象条件の変化や、都市のヒートアイランド化に伴う局地的な気象条件の変化に関係し、都市域において時間50mm以上の集中豪雨が頻発している。
- (3) **水災に対する都市構造の脆弱性**：舗装された市街地では雨水の流出率が大きく、雨水は下水道施設や排水路により極めて効率的に集水、排水されるが、それは裏を返せば、降雨流出の集中化を招き排水先の河川に過大な負担を与えることになる。また、下水道施設等の排水能力は一般に時間50mmの降雨に対応したものとなっており（真の実力はそれ以下の場合のある）、その計画規

模を超える降雨に対しては十分に対処できないばかりか、場合によっては処理区をまたがる氾濫水の移動により排水システム自体が破綻することもある。さらに、都市内の建物、道路、地下施設等が浸水被害を増大する危険性を有していることに加え、電気、ガス、水道、交通機関等のライフラインの耐水性が不十分であるため、浸水時には市民生活に重大な支障を及ぼす。

- (4) **水災情報の収集・伝達体制と住民意識**：都市には人口と資産が集中しているが、それらを水災から守り、適切な行動を支援するための水災情報や避難情報の収集・伝達体制が不十分であることに加え、都市住民の水災に対する意識が河川沿いの一部の地域を除けば一般に低く、洪水情報や避難情報などを受けても水災に対する適切な自助、共助の行動ができないことが多い。

## 2. 2 都市型水災の特徴

都市における洪水災害の特徴は、上述した各種要因と密接に関連している。以下では、それらの要因との関連を踏まえながら都市型水災の特徴を列挙する。

- (1) **外水氾濫と内水氾濫の複合**：図2. 1に示すような都市域を流れる大、中、小の河川と下水道の階層性、及び治水安全度や整備率のアンバランスに起因して、排水不良等による堤内地（市街地）内の降水の氾濫（内水氾濫）が生じることが多いが、時には破堤や溢水による河川水の氾濫（外水氾濫）とが複合し、被害を拡大することがある。

- (2) **都市構造物が氾濫水に影響**：下水道や排水路による排水系統や、道路、鉄道、建物などの都市構造物が、氾濫水の伝播や浸水区域、流速、浸水深などに影響する。このため氾濫水の伝播が速まったり、ある地域に集中して被害を大きくするなどの事態が生じ易い。

このため氾濫水の伝播が速まったり、ある地域に集中して被害を大きくするなどの事態が生じ易い。

- (3) **資産の被害が甚大**：都市では集中する資産の被害が甚大となり、特に床上浸水による一般資産の被害額が大きな比率を占める傾向にある。また、こうした一般資産の被害は内水氾濫による方が多く、例えば愛知県の統計によると、昭和44年から平成11年までの30年間における内水氾濫の割合は、全浸水家屋の94%を占め、被害額では82%に達している。なお、平成12年の東海豪雨時の一般資産の被害額は全体の約96%に達した。

- (4) **ライフラインの被災**：市民生活を支える電気、ガス、水道、交通機関等のライフラインが被災し、市民の移動や日常生活に大きな影響を与える。また、浸水や道路冠水により自動車の通行が阻害されたり、通行可能な道路では大渋滞を生ずる事態によって、災害時の緊急車両の通行に支障をきたすとともに、放置自動車等が迅速な復旧への障害となる。

- (5) **膨大な災害ごみ**：浸水被害を受けた地域では、災害後において莫大な災害ごみの発生とその処理問題を抱えることになる。このごみ処理には長時間を要することがあり、その場合には生活環境の悪化を招くことにもなる。

- (6) **危機管理の不備**：近隣意識、互助意識、水災に対する防災意識が希薄であるため、高齢者など自力で避難できない人達が被害にあい易い。また、ビル等の建物構造が情報入手を阻害する原因となるとともに、防災や減災に携わる行政組織等が複雑で情報収集・伝達体制やそれに基づく危機管理体制が十分機能せず、災害時や災害後の対策が後手に回ることが少なくない。

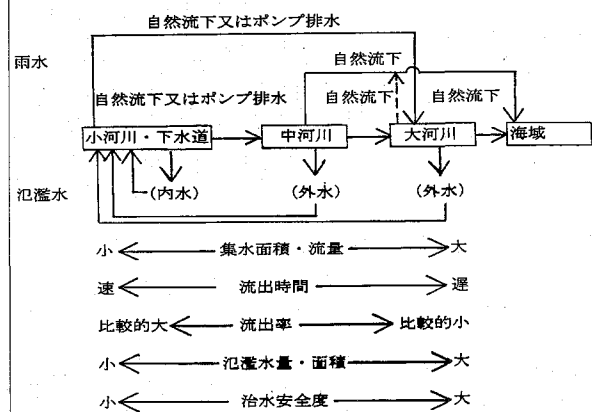


図2. 1 都市の治水システム

## 2. 3 都市型水災に関する課題

都市における洪水災害の特徴とその関連要因を踏まえて、都市型水災に関する課題を列挙すれば次のようである。

- ・河川と下水道の連携
- ・治水安全度および整備率に関するアンバランスの是正
- ・超過降雨（洪水）への対応
- ・雨水排水・貯留機能の向上
- ・地下空間への浸水防止
- ・側溝、マンホール等への転落防止
- ・ライフラインの耐水化
- ・迅速な災害復旧体制の確立
- ・災害時及びその前後における適切な情報提供
- ・避難警戒態勢の確立、自助・共助体制の再構築
- ・受け手側に立った情報伝達と自助意識の啓発
- ・土地利用誘導等の社会経済的対応
- ・関係機関の連携強化と危機管理体制の確立

これらの課題は、その緊急性や重要度に応じて適切な対応をとる必要がある。以下では、そうした各種対策について述べることにする。

## 3. 都市型水災の対策<sup>1)</sup>

都市型水災に対する対策は、ハード的対策とソフト的対策に大別される。まず、それらの概要を示せば次のようである。

### (1) ハード的対策

- ・河道改修や堤防強化等による河川整備
- ・下水道、排水ポンプ等の雨水排除施設の整備
- ・雨水の貯留、浸透施設の整備
- ・地下空間への浸水対策
- ・各種ライフラインの耐水性強化
- ・側溝、マンホール等への転落防止策
- ・水災情報の収集・伝達施設の整備
- ・防災拠点や避難所の整備と耐水機能の確保

### (2) ソフト的対策

- ・地域計画と防災計画等、各種関連計画の連携・整合
- ・水災情報の一元化と共有化
- ・各種治水施設の最適管理
- ・ハザードマップ等による水災情報の事前通知と災害時のリアルタイム情報の提供
- ・避難対策、避難支援
- ・円滑、迅速な水防活動および復旧活動
- ・危機管理システムの構築と適切な運用
- ・都市型水災に対する調査・研究の推進
- ・洪水保険、税制措置等による支援、誘導対策

これらの対策に関連して、2. 3で列挙した課題の主要なものについて、その対応のあり方を述べる

と以下のものである。

### 1) 河川と下水道の連携強化

都市部の河川では洪水流量に占める市街地からの排水量が大であり、外水対策と内水対策は一体不可分のものでなければならない。市街地を流れる大、中、小の河川と下水道、排水ポンプ施設、雨水貯留施設とが成す階層的な雨水排水システムにおいては、各施設の対象降雨の違い（例えば、大河川では流域平均の日雨量が対象で確率規模は 1/100～1/200、小河川や下水道では、排水区内の時間雨量が対象でその規模は 1/5）に基づく治水安全度と、整備水準の整合化を図るとともに、流域条件や気象条件等の変化に対応するための計画規模の適正化に努める必要がある。また、雨水排水系統の見直しや、図

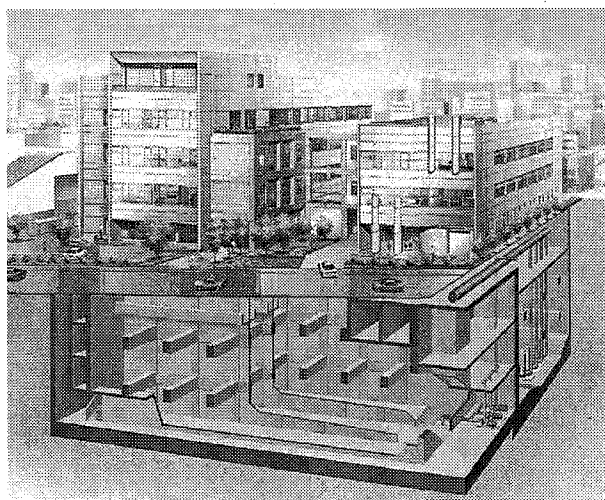


図 3. 1 雨水滞水地の例

3. 1 に示すような施設による雨水の貯留、浸透促進による集中化の抑制、未整備地区における雨水排水施設およびポンプ施設の整備と耐水性強化、超過洪水時における適切なポンプ排水規制と堤防の質的強化、氾濫水の分散化など排水システムの破綻に伴う急激な浸水現象の防止、水位、流量情報の共有と一元的管理、災害時の危機管理体制の整備と連携強化などについても検討を深め適切な施策を進めなければならない。

### 2) ハード整備とソフト対策の一体化<sup>2)</sup>

都市域の治水安全度向上のための多様な整備手法の導入を図るとともに、既存施設の有効活用、管理の高度化を進める必要がある。上述した下水道との連携も含め、こうした対策を行うための法的枠組みが、図 3. 2 に示す特定都市河川浸水被害対策法であり、都市河川の洪水対策を有効かつ効率的に進めるための有用な仕組みとなることが期待される。また、都市河川における洪水予測等の高精度化とその防災・減災対策への応用、受け手（住民）の判断・行動に役立つ河川情報、浸水情報等の提供、受け手に情報が確実に伝わるための体制整備を進める必要がある。さらに、平常時からの防災情報の共有、分かり易い用語の使用、ハザードマップの配布とその活用、避難場所、避難経路の総点検にも努めなければならない。

### 3) 防災・減災体制の総点検と改善

防災施設の整備状況の調査・評価・公表と迅速かつ効率的な防災施設の機能維持および向上に努めるとともに、水防活動等の体制強化、地下空間における避難誘導體制の構築、避難勧告等の発令基準、避難勧告等の情報を入手していない状況下でも的確な判断・行動につながる災害状況等の情報提供、河川管理水準の区分設定と管理内容の基準化、整備途上段階でも被害の最小化を図る危機管理体制、行動計画の構築、都市型水災に関する調査研究体制の確立を進める必要がある。また、災害時要援護者への対応、地域の防災対応力の再構築、災害対策としての土地利用の誘導・規制、被災後の復旧・復興支援（例えば泥、ごみ、放置自動車の排除支援、復旧・復興情報の整備など）、防災教育の推進と災害記録の整理・伝承なども積極的に行っていくことが必要である。

## 4. 都市河川の環境問題とその課題

### 4. 1 都市河川の再生と環境問題

都市河川では、これまで述べてきた洪水対策とともに、劣悪化した河川環境の改善、復元がもうひと

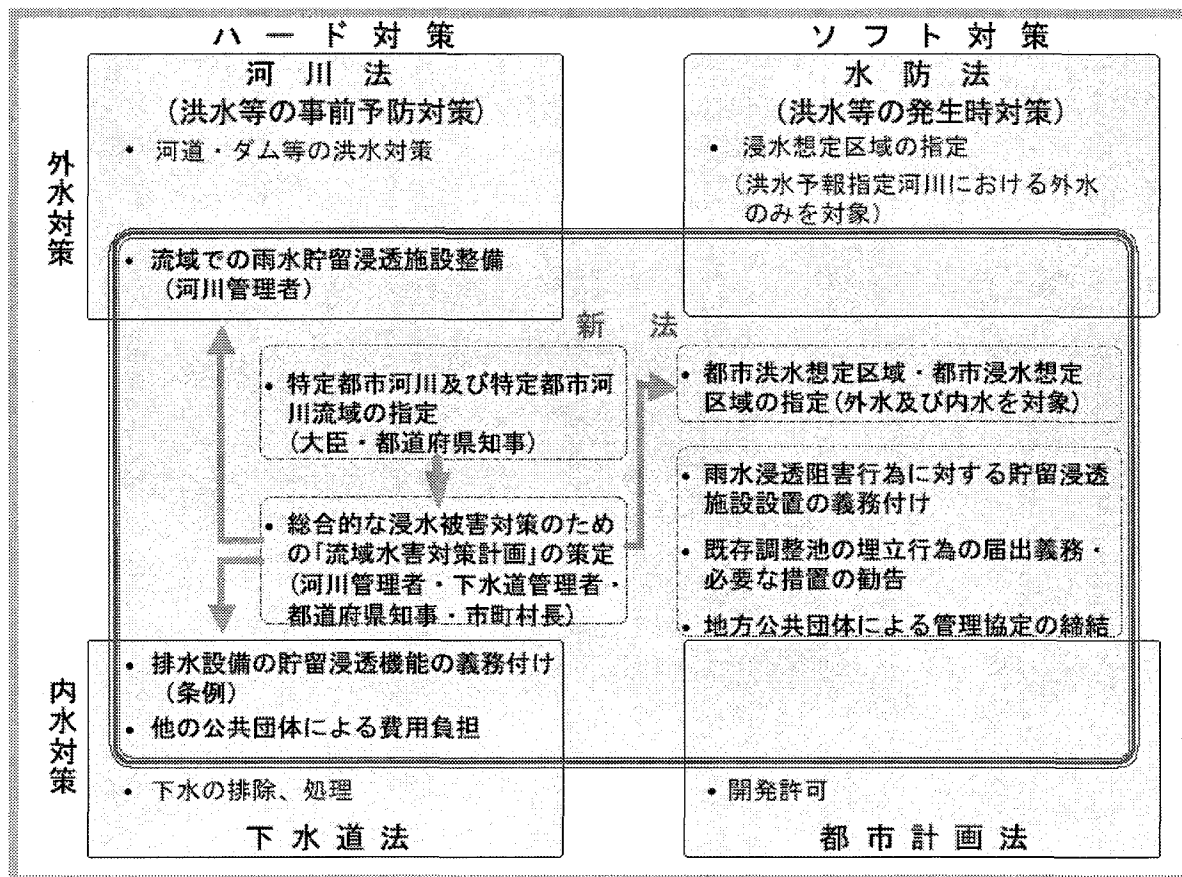


図3. 2 特定都市河川浸水被害対策法の枠組み

つの大きな課題である。21世紀における社会基盤整備に関する大きな課題のひとつは、都市再生すなわち自然共生型都市の形成である。都市再生には、健全な水、エネルギー、物質の循環系を有する自然共生型流域圏<sup>3)</sup>の形成、都市の自然、社会環境基盤の再生・修復が課題であるが、このうち都市の水辺は、自然、社会環境基盤の重要な構成要素であり、水辺の保全、再生、修復は、「健康」、「安全・安心」、「快適」な都市の居住環境向上に不可欠である。

このような都市再生に関わる、都市河川の整備課題を列举すれば、

- ・ 治水安全度の向上
- ・ 水質浄化
- ・ 各種生物の棲息・生育環境の保全、再生
- ・ 自然共生型の快適な水辺空間の整備
- ・ 自然共生型都市の中軸を担うための社会基盤整備
- ・ 自然との共生に関する学習、交流の場の構築

であり、治水上の課題とともに、都市河川の水環境、空間環境に関する課題は、21世紀の都市を語る上できわめて重要である。

以下では、典型的な都市河川の性格を有する名古屋市の堀川を例に、その環境問題の実態と特徴、解決すべき課題の抽出、課題に対する対策案について述べ、それを通して上述した都市再生に関わる都市河川の環境問題への対応について考察する。

#### 4. 2 堀川の問題環境の実態と課題

##### (1) 堀川の概要

名古屋市の中心市街地を南北に流れる堀川は、現在の名古屋港と名古屋城を結び、人と物資を名古屋城下へ輸送するため約400年前に開削された人工河川であり、黒川と呼ばれる上流の順流区間を除くと、名古屋港の潮位変動の影響を受け海水が遡上する感潮河川となっている。堀川は、自己水源を持たない河川であり、流入水は庄内川からの暫定導水(0.3m<sup>3</sup>/s)と西隣に位置する中川運河からの導水(約5万m<sup>3</sup>/day)を除けば、大半が下水処理場からの処理排水である。また、堀川に流入する下水処理水は合流式下水道からのものであり、ある一定量(2mm/hと言われている)以上の降雨があると汚水が下水処理されずそのまま堀川に放流されているのが現状である。

I・II期整備地区位置図

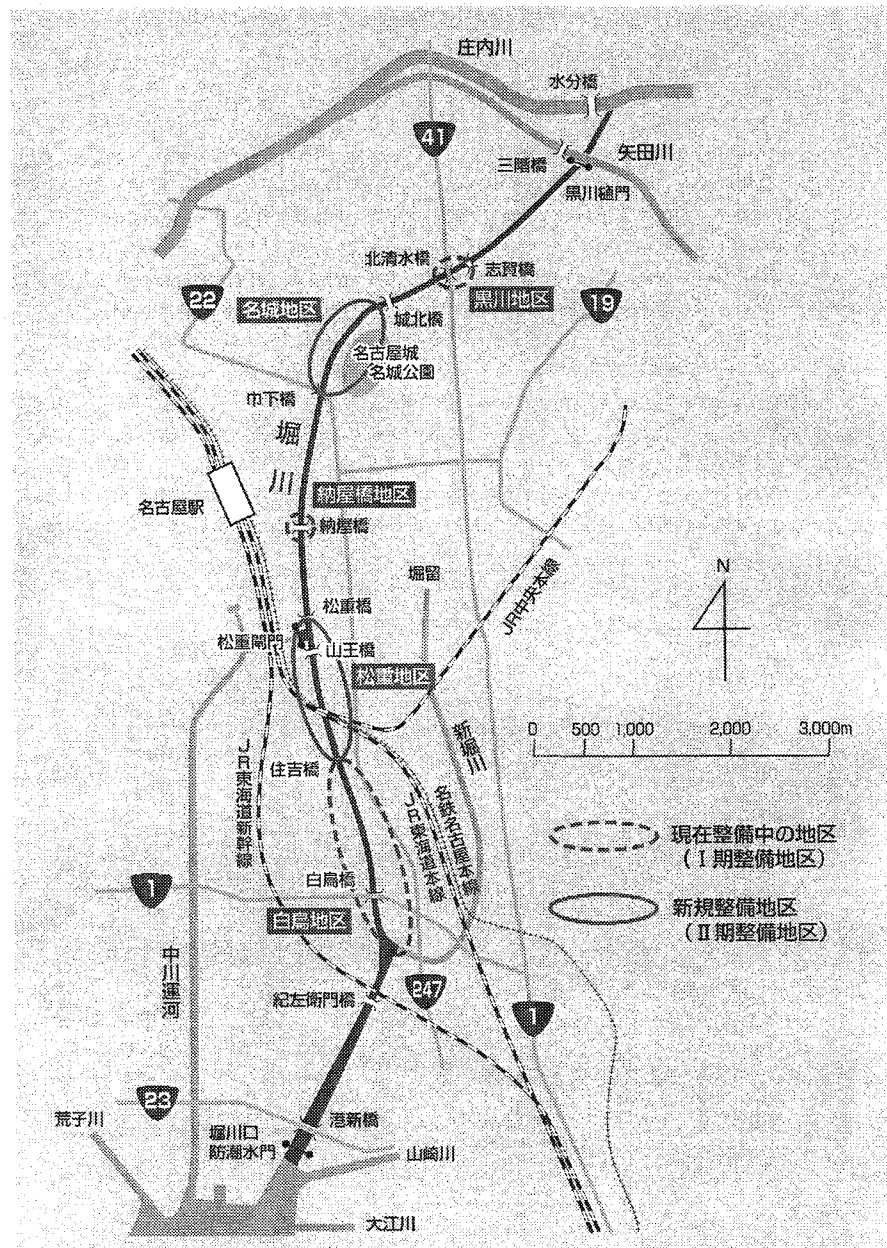


図4.1 堀川とその整備地区

堀川の水質に関する環境基準はD類型であり、夏季の一部区間におけるDO値を除けば、一応環境基準を満足しているが、底泥の堆積と嫌気化が進み、水色などの景観上の悪化と共に悪臭も大きな問題となっている。また、上流部の黒川を除けば、劣悪な水質、底質の影響や、老朽化した垂直護岸を有する

直線的な河道形状の影響などにより、植生や水生生物は極めて乏しく、生息しにくい環境条件となっている。

堀川では、マイタウンマイリバー計画の認定を受けて昭和 63 年に策定された「堀川総合整備構想—うるおいと活気の都市軸・堀川」<sup>4)</sup>と、それを発展的に受け継いだ平成 14 年策定の「なごや・堀川プロジェクト 21 - 堀川文化の再生と醸成」<sup>5)</sup>の下で、河川空間整備が進行中である。後者の整備構想では、

- ・歴史・文化を学び伝え、情報を発信する川づくり
- ・市民のくらしと密接に関わる川づくり
- ・水辺への接近性を先導するモデル的な川づくり
- ・川独自の生態系を創出する清らかな川づくり
- ・川を軸とし、川面に向いたまちのにぎわいと景観づくり
- ・水を治めまちを守り、まちを豊かにする川づくり

を基本理念に、新規整備地区として松重閘門周辺および名古屋城周辺を選定し、現在その整備が進められている。また、平成 16 年には、「堀川水環境改善緊急行動計画（清流ルネッサンスⅡ）」<sup>6)</sup>が策定され、水質改善のための各種施策が進められつつある。

## (2) 堀川における水質と生物の現況と課題<sup>7), 8)</sup>

まず、塩分については、図 4. 2 の観測例に見られるように、大潮の上げ潮時には名古屋港から海水が強混合状態で遡上し、塩分濃度分布はほぼ鉛直一様であるのに対し、小潮時には底層を高濃度の塩水が遡上し、弱混合から緩混合へ移行しながら密度成層を形成する。こうした塩分濃度の特性と関連する流速の時間および空間分布について述べれば、大潮の場合、上げ潮時にはほぼ鉛直方向に一律な遡上流となるが、下げ潮時には淡水が流下する表層の方が底層に比べて流速が大きくなる傾向がある。一方、小潮の場合、満潮時と干潮時では表層と底層の流れの向きが逆になり、上げ潮時には表層に比べて底層を遡上する流れの流速が大きいこと、下げ潮時は、大潮の場合よりも鉛直方向の流速差が大きいなどの特徴がある。

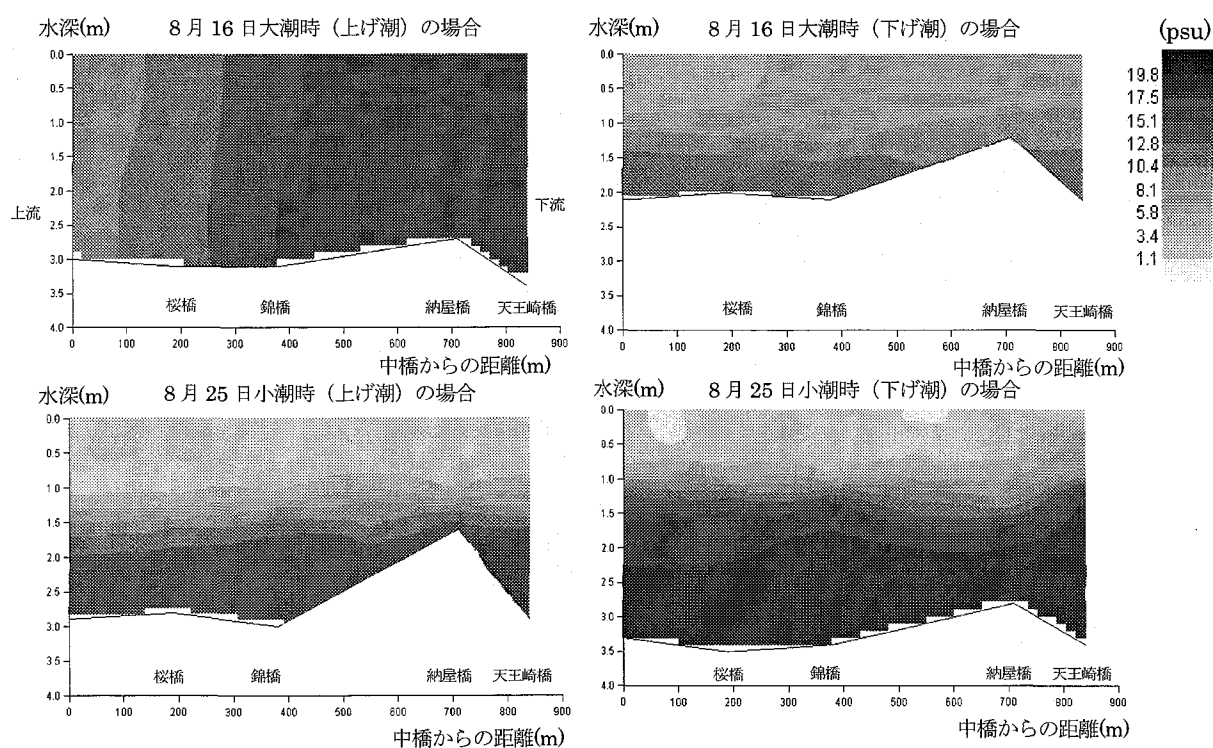


図 4. 2 堀川の塩分濃度分布例（平成 16 年）

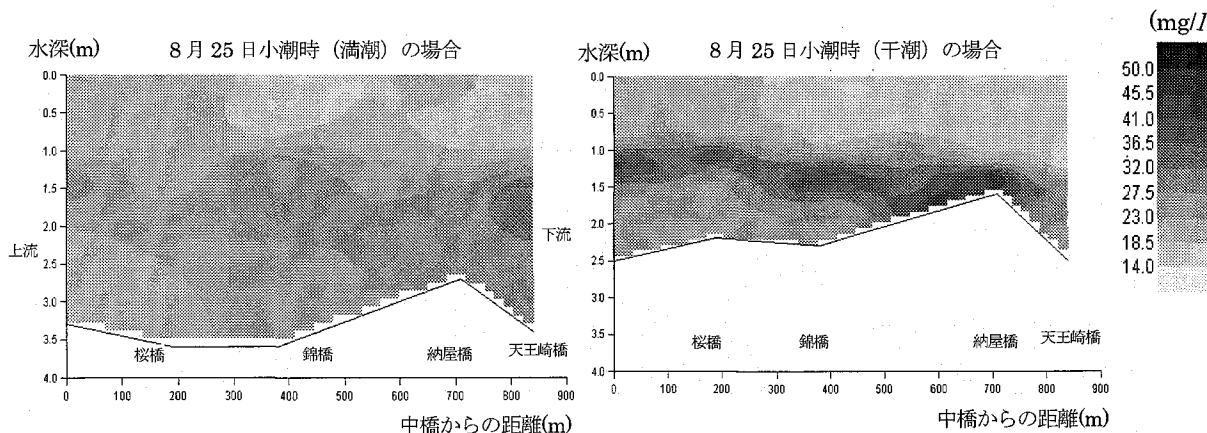


図4. 3 堀川の濁度分布例 (平成 16 年)

次に、図4. 3から濁度について見ると、小潮の場合、下げ潮から干潮時に底泥から巻き上げられた濁質が、中間の密度躍層に集積し、高濁度層を形成する。一方、大潮の場合は全層にわたり干潮時に濁度が上昇するが、その値は小潮時に比べると大きく、大潮時に底層の流速が大きくなれば、巻き上げ量も増えることが推察される。また、DOについては、図4. 4に示す平成 17 年 8 月から 12 月の期間に観測された値の平均値でみると、松重橋と納屋橋で DO 値が高いことが分かる。松重橋の DO 値の上昇は中川運河からの導水の影響であり、納屋橋の DO 値の上昇は平成 17 年に設置された曝気装置の影響と考えられる。また、底層の DO 平均値は、松重橋付近を除くと 1mg/l 程度であり、名古屋港から遡上する貧酸素の海水の影響を強く受ける結果となっている。

上述したように、堀川の水利・水質特性は名古屋港の潮位変動に伴う海水挙動に大きな影響を受けており、それに関連して干潮時の濁り、底層の貧酸素化、およびそれに伴う底泥の嫌気化が主要な水質問題として顕在化している。また、下水の流入や底泥の嫌気化により、水位が低下する干潮時を中心に悪臭が感知されるとともに、浮遊する多くのごみが問題となっている。堀川における生物の生息状況については、庄内川からの導水と地下水が流下する上流部の黒川では植物や魚類など比較的种类も多く良好であるのに対し、感潮区間の中下流部では、中流部の一部区間でキンギョモが確認されている以外、水生植物はほとんど見られず、魚類もカダヤシなど汚濁に耐え得る種類のものしか見られない状況である。

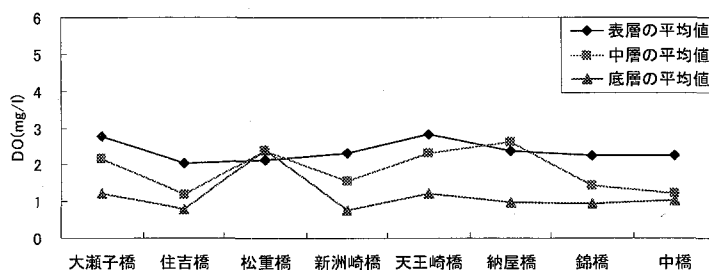


図4. 4 堀川の DO 平均値の分布

こうした堀川における水質と生物環境の改善に関する課題を列举すると、

- ・新規水源の確保および既存導水の見直しによる流況改善
- ・流入汚濁負荷の削減による有機汚濁の低減と透明度の向上
- ・DO の改善による水生生物の生育・生息環境の確保と底泥の嫌気化防止による悪臭の抑制
- ・底泥の浚渫による流水断面の確保と底泥の巻上げ、汚濁物質の溶出の抑制
- ・河道内植生の復元による水生生物の生育・生息場の確保と河川景観の向上
- ・ごみの除去および流入防止

であり、これらは、劣悪な環境下にある都市河川に多かれ少なかれ共通する課題といえよう。

## 5. 都市河川の環境対策

都市河川の環境対策は、上述したような課題に対し、水質浄化、各種生物の生息・生育環境の保全、再生、および自然共生型の快適な水辺空間の構築を主目的とするものであり、大別すれば水環境と水辺環境の対策に分けられる。

### (1) 水環境対策

主として流況改善、水質浄化、生物の生息・生育環境の確保を目指すものであり、堀川を例にとれば、次のような対策が考えられている。

- ・地下水の活用、新規水源の導入、既存導水の再検討による浄化用水（環境用水）の確保
- ・下水処理の高度化と合流式下水道の改善および流入水浄化施設による汚濁負荷の削減
- ・酸素供給施設による DO の改善
- ・底泥の浚渫および底質の改善
- ・河道内植生の創出
- ・雨水吐きへのスクリーン設置によるごみの流入防止および河道内のごみの除去

これらの施策は、その効果を確認しながら段階的かつ効率的に進める必要があり、そのためのモニタリング、対策効果の評価、および対策の最適システム化を行うことが求められる。

### (2) 水辺環境の対策

主として快適な水辺空間の構築を目指すものであるが、河川景観の向上や生物の生息・生育環境の確保も視野に入れて対策案を考えることが肝要である。これらには、次のようなものがある。

- ・生物にやさしい護岸の整備
- ・水辺の植栽によるグリーンベルトの整備
- ・水辺の散策路の整備
- ・親水広場などの親水空間や環境学習、交流の場の整備
- ・船着場など舟運施設の整備
- ・名所、旧跡などの案内板や水質情報の表示板などの設置

これらの対策には、河川周辺の住民を中心に多くの市民の意見を反映させるとともに、空間管理などにおいて市民団体との連携、協働を進めていくことが求められる。また、河川を軸とした都市の再生につながる整備のあり方を志向する必要がある。

## 6. 洪水対策と環境問題との関連

4. 2 (1) で述べた「堀川総合整備構想」では、基本方針として、河川改修による治水機能の向上、水辺環境の改善による都市魅力の向上、沿岸市街地の整備、活性化の3つを掲げ、堀川の洪水対策と環境対策を総合的に推進することを謳っている。都市河川の環境問題を、4. 1 に述べた都市再生すなわち自然共生型都市の形成に関わる課題と捉え、それには、健全な水、エネルギー、物質の循環系を有する自然共生型流域圏の形成が不可欠であることを考えれば、都市河川の洪水対策と環境対策は不可分なものとして一体的に進められなければならない。「安全・安心」な都市は、「快適」な都市でもあり、洪水による都市域の浸水とライフラインの被災は、快適な都市生活の阻害、さらには下水道からの汚水の流出といった衛生上の問題や災害後のごみ問題、生物の生育・生息空間の破壊などを引き起こす重大な環境問題でもある。

したがって、3. で述べた都市河川の洪水対策の推進による治水機能の向上は、健全な水循環系の構築と自然共生型流域圏及び河川の形成に寄与する限り、環境問題の解決につながるものである。しかしながら、過去を振り返れば、「3面張り」に代表されるように、河道改修などの洪水対策が必ずしも環境

の改善に寄与してきたとは言えず、むしろ生物の生育・生息環境を破壊したり、河川景観の悪化、親水機能の阻害、水質の悪化などを招いたことも否定できない。

21世紀の都市再生に不可欠な都市河川の洪水対策と環境対策を、互いに競合するものではなく、補完し合い相乗的な効果を生み出すものとして、一体的に様々な施策を推進することが今後の重要な課題であるが、そのための留意事項を挙げておくと次のようであろう。

- ・河川改修にあたっては、生物の生育・生息場の保全や改善に努めるとともに、その改変が避けられない場合は、そうした場の復元、創出による代替え措置を講ずる。例えば、写真6. 1の左側ではなく、右側のような整備を行う必要がある。
- ・河川の環境整備が治水機能を阻害しない一方で、治水整備に合わせて河川景観や親水機能の向上を図る。
- ・下水道整備と河道整備との連携を図り、治水安全度にアンバランスを生じないようにする。
- ・下水道整備が平常時の河川流量の低下を招かないような措置を講ずる。
- ・都市域における雨水の浸透及び貯留機能の向上を図り、雨水の流出抑制と余剰地下水の有効利用を念頭においた河川流況の改善を図る。
- ・雨水貯留施設の目的に応じた最適運用を図る。特に合流式下水道地域では、降雨初期の高濃度汚水の流出防止と、雨水流出のピークカットを両立し得る運用方法を開発する。
- ・超過洪水時の合流式下水道からの汚水流出情報や、災害復旧時の放置自動車やごみ処理に関する情報など、水災情報と合わせて環境問題に関わる情報提供を積極的に行う。
- ・市街地の清掃、ごみのポイ捨て防止、降雨時の家庭排水の自粛など、降雨流出に伴う河川への汚濁負荷の流出抑制に努める。また、そうした自助・共助努力の啓発と体制整備を進める。
- ・河川管理や環境整備に関して、行政と地域住民との連携・協力関係を日常的に構築し、水災情報や環境情報の収集・伝達及び共有体制を確立して防災・減災や環境改善に資する。

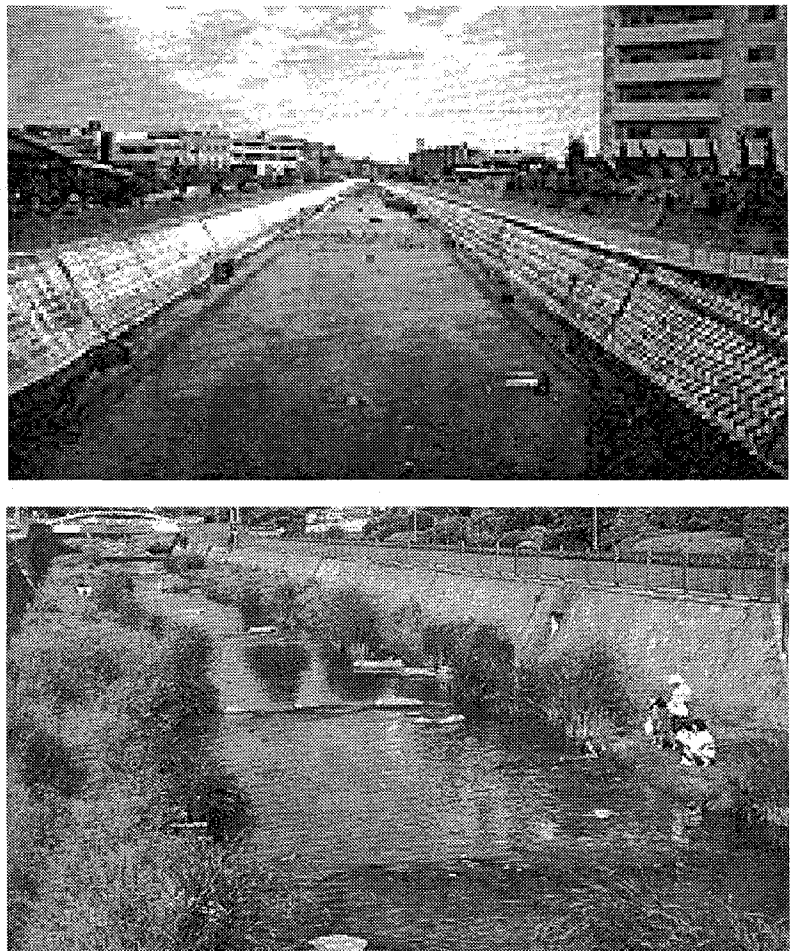


写真6. 1 河川整備の比較

## 7. おわりに

都市河川の洪水対策と環境問題と題して、それぞれの課題の特徴と対策のあり方、実施されつつある具体的な対策の内容について述べてきた。いずれも河川を軸とする安全で豊かなまちづくりに関わる重要課題であり、今後さらに議論を深めて進むべき方向性をより明確にするとともに、段階的に施策を実

施してその効果を検証しながら次の段階へ進むといった息の長い着実な取り組みが求められる。また、これらの課題の解決には、更なる調査、研究の実施と有用な技術の開発が不可欠であり、その点で水工技術者が果たすべき役割は大きいものと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 都市型水害緊急検討委員会：都市型水害対策に関する緊急提言, 2000. 11.
- 2) 豪雨災害対策総合政策委員会：総合的な豪雨災害対策についての緊急提言, 2004.12.
- 3) 総合科学技術会議：分野別推進戦略資料, 2001. 9.
- 4) 名古屋市：堀川総合整備構想, 1989. 3.
- 5) 堀川整備に関する懇談会：なごや・堀川プロジェクト 2 1, 2002. 3.
- 6) 堀川水環境改善協議会：庄内川水系堀川水環境改善緊急行動計画, 2004. 8.
- 7) 武田誠, 松尾直規, 井上慎士, 久野透：堀川中流域の流れと水質特性に関する現地調査, 第 60 回土木学会年次学術講演会概要, 2005. 9.
- 8) 日置梓, 遠山智, 武田誠, 松尾直規：堀川の流れと水質変化に関する現地観測と数値解析, 第 61 回土木学会年次学術講演会概要, 2006. 9. (発表予定)