

第9章 水道システムと水環境

東京都水道局技監 尾崎 勝氏

1. 東京水道の概要

資料1(P.211)の図は、国土交通省土地・水資源局水資源部が作成した『日本の水資源』の中にある水循環の図である。水循環は範囲が広い。その中で水道は、水源から蛇口までを占めるが、この図を見るとその一部に過ぎないと思う。

しかし、一部であっても水道は直接水循環の影響を受けるので、水道を通して水循環への要望なども踏まえて、今日はお話しさせていただく。

本日の講演は、まず、東京水道の概要について簡単に説明する。続いて、水量の確保、水質の確保、水道水源林の管理についてお話しし、その上で最近の課題と対策例を水量、水質、それぞれの面からお話ししたい。最後に、水道にとって望ましい河川、水を取り巻く環境について考えを述べたい。

まず、東京水道の概要について簡単に説明させていただく(資料2)。東京都の水道事業は、水源開発や施設の拡充に努めた結果、今日では給水区域面積が約1,200km²、給水人口が約1,200万人、配水管延長は約25,000km、施設能力は一日当たり686万m³、一日の平均配水量は約440万m³となっている。参考として、シカゴとロンドンを表中に掲載した。給水区域面積はそう変わらないが、給水人口などは東京が多い。首都圏で見ると3,000万以上の人口がいるので、水の確保はかなり大変な事である。水に恵まれていないと、これだけの給水人口を将来にわたって維持することはそう簡単な事ではない。

次に、東京の水源は、ほとんどが河川水である(資料3)。中央の図を見ると、ダム等の水源開発施設が多数存在しており、左上のグラフから、約8割がダム等による開発水であることがわかる。ダムなどの施設がなければ、今日の東京の水は確保できていないという状況である。右上のグラフを見ると、東京の水源は約8割を利根川・荒川水系に、残りの約2割を多摩川水系に依存しており、さらにごく僅かだが、相模川水系にも依存していることがわかる。東京の水道は、利根川、多摩川、相模川の3つの水系に水源を持っているということが強みであると言える。

多摩川水系の上流には、東京水道が建設、管理している小河内ダムがある(資料4)。水道専用ダムとしては世界でも有数の規模であり、昨年(2008年)竣工50周年を迎え、記念事業を行った。また、小河内ダム周辺の水道水源林を保有しており、適切な管理をすることによ

り、安定した河川流量の確保や水質の保全を図っている。ダムと森林は一体になってこそ効果があるので、東京水道では森林を長年にわたり管理している。

東京水道は、11の主要な浄水場を保有している（資料5）。合計の施設能力は686万 m^3 /日だが、特に三郷、金町、朝霞、東村山は100万 m^3 /日を越える浄水場である。これらの浄水場は、全体的に河川の下流部にあり、その他の浄水場もポンプによる圧送が必要であるため、大量の電力を消費している。このため、現在、東京水道は、都内の消費電力の約1%を占めている。

一方、都市化により河川の水質悪化が進行しているため、自己防衛的な視点で、対応策を実施してきた。現在、東京水道は、お客さまにより安全でおいしい水を供給するために、利根川・荒川水系の全浄水場に高度浄水処理の導入を進めている（資料6）。現時点では高度浄水処理の処理率は概ね54%だが、平成26年度には100%にすることを目標にしている。多摩川水系については、上流から取水し、水源林の管理などによって河川の水質を保全し、高度浄水処理をしなくても十分においしい水を供給できるようにしていきたいと考えている。

また、特に飲み水として水質の安全確保には多大な努力をしている（資料7）。水源から蛇口にいたるまで、きめ細かい水質管理を実施しており、貯水池や河川では約60か所ではほぼ毎月水質検査を、浄水場では日々の水質検査に加えて、毎月の精密な水質検査を、給水栓では毎月の精密な水質検査に加えて、都内123か所の自動水質計器による常時監視を、それぞれ行っているほか、高度な水質検査機器を水質センターに設置し、広範囲な項目の検査をしている。

さらに、我々の立場から言えば、河川の水質をもう少しよい方向でコントロールできたら望ましいと考えている。

2. 水量の確保

次に、東京水道のこれまでの取り組みとして、水量の確保について振り返りたい。歴史を知ることによって将来が見えてくる部分もあるかと思うので、歴史を若干詳しく説明したい。

東京水道は明治31年に創設され、その時点では多摩川の自流を活用していたが、当時の東京市の助役が、「現在の水路は貯水池を設けていない事が大きな欠点となっている。そのため、ひとたび多摩川本流に水がなくなると他に補給の道がなく、毎年夏に雨が少なくなると心配になる」と言った様に、水源は不安定な状況だった。

こうした事から、多摩川を水源として貯水池を築造し、流量が豊富な時に取水して渇水時に放流する、村山・山口貯水池が建設された（資料8）。山口貯水池を建設する際には、多摩川だけでなく、荒川や相模川といった東京都の区域外も検討されたが、水量の不足や、水質、工事費の観点から、山口貯水池案が採用されたと聞いている。

しかし、東京の人口は、大正末期には約200万人を突破し、なお増加傾向にあったため、昭和30年には日量40万 m^3 の水が不足すると想定され、新たな水源確保が大きな課題となっていた。東京市会において、大正15年に「水源は利根川に求められたし」という趣旨の建議が満

場一致で可決された事もあり、水源の調査は、まず利根川及び江戸川が第一案とされた（資料9）。利根川及び江戸川案は、3つの案により調整が進められたが、それぞれ既得水利などの関係から断念せざるを得なかった。次に、相模川に貯水池を設ける第二案を計画し、神奈川県と交渉を続けたが、神奈川県の水利用計画や既得水利との関係から不調に終わってしまった。また、荒川については、渇水期に極端に枯渇する特徴を有していたほか、既得水利との競合もあり、適当な計画を立てる事は困難であった。

さらに、これらの交渉の中で、各方面から一様に、「東京市では自分の領分の中にある多摩川の水源地に、まだ利用する余地が残っているにもかかわらず、他の領分にまで手を伸ばそうとしている」という抗議があり、結局、域内河川である多摩川に水源を求めざるを得なくなった。多摩川は、冬期に度々枯渇し、渇水時の最大流量は水源として必要な水量に到底及ばないとされていたので、さらに利用するとなると大きな貯水池を建設しなければならなかった。このような状況の中で、小河内ダムの建設を進める事になった。

小河内ダムの建設のほか、江戸川などにも水源を求めて、給水量を増加させる事業を実施する事となったが、当時は、それらが全て完成しても、なお水源が不足する状況であった。多摩川は、小河内ダムの計画により既に限界まで活用される事となっていたため、更なる水源は利根川を始め、域外に求めなければならず、広く検討がなされた（資料10）。域外の水源地については、それまでも何度となく検討していたが、この時の検討では静岡の三島まで調査の対象とし、三島湧水案も検討した事が特徴的である。

水量、水質、経費、安全度といった点から詳細に調査検討をした結果、奥利根案に決定した。これは、多摩川が冬期渇水型であるのに対して、奥利根は冬期に降雨・降雪が多いため、弾力的な原水運用が可能であるという事や、渇水に対する安全度が極めて高いという理由が大きかった。

東京が奥利根を水源とする計画を具体的に立案したのは、奥利根の大堰堤築造を中心とする群馬県の事業計画が当時進行中であった事も背景にあった（資料11）。この群馬県の事業計画を水源確保の絶好の機会と捉え、内務省に対し、受益者として事業費の一部を負担する代わりに、東京水道の水量を含むよう要請した。内務省もこれに応える旨を伝えてきたので、東京の水源地を奥利根に求める事業計画が決定された。しかし、ようやく手にできると思われた利根川の水は、群馬県の事業が戦争の影響により着手されなかったため、この計画も幻となってしまった。

その後の東京は、昭和30年代に厳しい渇水を経験している。ご存知の通り、オリンピック渇水と言われたものである（資料12）。昭和33年も稀に見る渇水だったが、昭和36年10月から昭和40年3月まで慢性的な渇水状況に陥り、給水制限の強化と緩和を繰り返さざるを得なかった。中でも昭和39年8月には、小河内ダムの貯水率が2%まで低下したため、一時は50%給水制限を余儀なくされ、自衛隊や米軍にも応援を要請し、応急給水が実施された。資

料12の中央の写真は、渇水により湖底が現れたダムを上空から撮影したものである。また、左側の写真は湖底から写したものであり、右側の写真には、応急給水に並ぶ人々が撮影されている。

戦後の混乱が終息し、経済が発展するにつれて、治水目的と併せて都市用水の確保、電源開発といった時代の要請に応える多目的ダムの建設が大きな脚光を浴びるようになった。そうした中、国土総合開発法に基づき利根特定地域総合開発計画がまとめられた。その内容は、戦前の群馬県の計画を引き継ぎ、矢木沢ダムなど東京水道の水源が盛り込まれたもので、昭和32年に閣議決定された(資料13)。幻となった奥利根を水源とする東京の計画が復活したと言えるものである。

しかし、ようやく利根川の水を確保したと言っても、当時の水源開発の仕組みは、先行的、広域的、計画的開発という点では不十分なものであった。例えば、ダムと一体であるべき導水路の建設等が不明確であったこと、水系全体の長期的な需給計画に基づいた計画的な開発が行われず、各利水者の個別行動に任せられたことなどである。これらの問題を解決し、水資源開発を促進するための制度を求める声が高まり、恐らく我々の先輩達が要請したのではないかと思うが、昭和36年に「水資源開発促進法」、「水資源開発公団法」の二法が成立した。これにより国の施策として水資源の総合的な開発、利用を図ることになり、昭和37年には利根川水系のフルプランが策定された。

ようやく利根川の水を確保できるようになったが、肝心の導水路については計画段階でも大変な経緯があった。都は戦前から一貫して、水質的に有利な上流で取水したい意向を持っていたので、利根川上流部の地点から取水し、東村山浄水場まで導水し、さらに山口貯水池とも連絡をする計画を立てた。

しかし、簡単には進まず、国、都、公団の間で導水方法を巡って様々な議論があった(資料14)。建設省案は、「第一幹線案」で示されたもので、埼玉県の本庄市付近から矢木沢ダム分を取水し、さらに途中の下久保ダム分をダムから直接取水する案だったが、農林省側は、この計画が下流の農業水利に配慮を欠くものとして反発し、「見沼代用水利用案」を示した。都は、下久保ダムの取水を考慮すると、取水地点が大きく下流に移動することはやむを得ないと考え、建設省案を支持する事とした。このような中、公団は「荒川利用案」を提案した。この案は、東京オリンピックまでに東京の水不足を解消するため、工事および水利調整ともに、至急解決できるよう考慮されたものと言える。情勢の変化を受け、建設省、農林省、都は方針転換を図ることになり、公団の荒川利用案を軸に調整が進められ、昭和38年、フルプランに利根導水路建設事業として閣議決定された。

こうして、都が切望していた利根川の水が東京に運ばれる事になった。大正15年の「利根川に水源を求められたし」との建議から実に40年以上も経過していた。

これ以降、フルプランに基づき様々な水資源開発が行われているが、ダムによる水資源開発

のほか、水の有効利用の観点から、都市化による農地面積の減少や水路の老朽化による漏水を背景として、水路の改修などにより農業用水の余剰水を都市用水に転換する、農業用水の合理化や、ある河川の流況が豊富な時に、別の河川に導水路を用いて導水することで安定的な流量を確保する、流況調整河川の方法がある。

こうした様々な手法を用いながら、東京水道はフルプランに基づく水源確保を行ってきた（資料15）。多摩川の自流に頼った時代から、貯水池を建設して高度に水を利用し、小河内ダムを建設する事によって、多摩川の水を極限まで活用し、ようやく利根川などの域外の河川に水源を求める事ができたのである。都市は水がなければ衰退してしまう。東京がいかにか苦労して水の確保を行ってきたかが分かっていただけではないかと思う。

3. 水質の確保

続いて水質の確保についてお話しする。東京水道が取水している河川は、都市化による水質汚染などを経験してきた。一方、東京水道もそれに対応すべき様々な取組をしている。

資料16は、金町浄水場原水におけるアンモニア態窒素の濃度とかび臭に関する苦情件数の推移を示したものである。アンモニア態窒素は、し尿や雑排水などに多く含まれる物質なので、生活排水による汚染の指標となる。かび臭に関する苦情は、1974年からのデータとなっている。金町浄水場から供給される水道水は、1960年代後半から、河川の水質悪化により、かび臭の問題が顕著となり、1978年には、約1,000件にのぼる苦情を受ける事態となった。その後、これらには粉末活性炭によって対応したが、当時の活性炭注入は、タンクの中で全身炭だらけになりながらの手作業であり、私も係長時代に金町に行って作業をした思い出がある。夏の作業は身体に炭がたまって、それが取れるまでにかかなり時間がかかり苦労した経験がある。1980年代には河川の水質汚濁が進行し、原水中のアンモニア態窒素の濃度が1960年に比べ5倍以上に増加した。このため、塩素注入量が増加し、原水中の有機物と消毒用の塩素が結合してでき発がん性の恐れがあるとされたトリハロメタンの問題がクローズアップされ、水道水に不安を抱く人が急増した。

こうした事を踏まえ、アンモニア態窒素やトリハロメタンの元となる物質を効果的に処理し、かび臭を安定的に除去できる高度浄水処理を導入した。金町浄水場の原水水質が悪化した大きな要因としては、取水地点上流の江戸川左岸から流入する坂川の影響が挙げられる。この坂川は、生活排水等によって汚濁が進行し、アンモニア態窒素やかび臭原因物質が高濃度となっていた（資料17）。この坂川に関しては、平成10年に、それまで金町の取水地点の上流で合流していた坂川の水を止め、これを浄化処理した上で、河川の脇に作った水路を利用して下流側まで流す、流水保全整備事業が実施された。これによって、金町浄水場の原水は大幅に改善された。資料18は、かび臭原因物質である2-メチルイソボルネオール（2-MIB）の、平成5年から平成17年までの変化を表している。流水保全水路の運用が開始されてから、水質的にも

かなりかび臭原因物質が低減化しているのが分かる。

次は、江戸川水系の原水水質改善の取組と、三郷浄水場に関する事業についてである（資料19）。三郷浄水場は埼玉県東部の三郷市に位置し、金町浄水場より上流で取水している。取水口は北千葉導水路の大体対岸に位置し、施設能力は110万m³/日を有している。この浄水場の近くには中川が流れており、そこには埼玉県の中川流域センターから下水処理水が放流されている。中川の水質はあまり良くないが、中川の水量が豊富な夏場には、中川の水が江戸川まで導水され、その直下に三郷浄水場の取水口があるので、三郷浄水場の水質管理が非常に厳しくなる。さらに、中川に潮が上がってくると、下水放流水が遡上し、中川・江戸川導水路を経由して、三郷浄水場に入ってしまう。このため、三郷浄水場の直上流に位置していた中川からの放流口を、三郷浄水場の取水口の下流部に変更した（資料20）。この変更は、当時の建設省関東地方建設局と調整し、何とか実施することができた。これが実現するまでに30年位かかっている。

次に、資料21は三郷浄水場原水の水質変動を表したものだが、放流口が変更される前は、潮の満ち引きで下水の処理水が上がってきた時に導水を行うと、塩素要求量が上がってしまう。放流口が変更された後は、導水されても塩素要求量は低レベルになっている。つまり、取水地点の位置が、かなり浄水場の浄水処理に影響するという事がお分かりかと思う。こうした中で、安全でおいしい水を作るために、河川の汚れに対して自衛的に行ってきたのが高度浄水処理の導入である（資料22）。沈でんとろ過との工程の間にオゾンと生物活性炭処理を行い、オゾンの分解作用によってかび臭原因物質などを分解する。生物活性炭吸着池は、活性炭の吸着作用と、活性炭の表面に繁殖させた微生物による酸化作用によって、アンモニア態窒素や有機物などが除去できる。これによって、現在の水道水がおいしく飲めるようになった。

しかし、東京水道は、かび臭対策などを進めてきたにも拘わらず、お客様にアンケート調査をすると、平成11年では水道水に対して満足という回答が34%、どちらとも言えないという回答が21%で、不満が依然として多いという事が分かった（資料23）。さらに、ここまで対策を進めてきても、平成15年には不満はさらに増えた。これではまずいという事で、当局では「安全でおいしい水プロジェクト」を立ち上げた（資料24）。このプロジェクトは平成16年に立ち上げたが、独自のおいしさに関する水質目標を設定し、その目標達成に向けた、水源から蛇口までの総合的な施策を展開しようということで行った（資料25）。まず1つ目が高度浄水処理導入の推進、2つ目が残留塩素の低減化、3つ目が直結給水化の普及・促進、4つ目が水安全計画による水質管理、この4点を柱として進めている。同時に水道水のおいしさを味わってもらおうと思い、ペットボトル東京水を作った。皆さんにも是非市販のミネラルウォーターと飲み比べていただきたい。

おいしさに関する水質目標だが、におい、味、外観というような項目に着目して設定している。残留塩素は、国が定めた目標値は1.0mg/L以下だが、当局では0.4mg/L以下にしようと

している。トリクロラミン、これはカルキ臭を感じてしまう原因物質であるので、これについては0mg/Lにし、かび臭原因物質の2-MIB、ジェオスミンも0ng/Lにする。水の味が渋くなる有機物は、水質基準は5mg/L以下だが、1mg/L以下にする。色度と濁度もかなり厳しくする、ということで目標を設定した。平成19年度末現在での目標達成率は、残留塩素が65%、トリクロラミンが83%となっているが、それ以外の項目についてはほぼ100%達成している。

4. 水道水源林の管理

次に水道水源林の管理についてお話しする。ダムは森林と一体となっこそ効果があるものと考えている。東京水道が管理する水道水源林は、多摩川上流域の東京都と山梨県に跨る標高500m～2100mに位置し、東西約31km、南北約20kmに及び、21,629haの広大な森林である(資料26)。多摩川の河川水を取水している羽村堰上流域の44%を占めている。

水道水源林の管理は、良好な水源林を保護・育成する事により、安定した河川流量の確保及び小河内貯水池の水質保全を図る事を目的に実施している。

水源林は4つの機能を持っている(資料27)。1つ目が水源涵養機能で、川に流れる水の量を安定させ、湧水を緩和する。2つ目が土砂流出防止機能である。手入れされた森林の地表は、植物や落ち葉などに覆われて保護されているので、雨から直接打ち付けられる力が弱まり、また木の根が山の土をしっかりと押さえているため、土砂が流れ出るのを防止している。3つ目が水質浄化機能である。雨水が土にしみこむ間に、塵などはろ過・吸着・分解され、また川の汚染原因となる窒素やリンは木の栄養分となって吸収される。さらに岩石から溶け出したミネラル分が水に溶けて、おいしい水になる。4つ目が二酸化炭素の吸収機能である。森林の樹木の成長には二酸化炭素が必要であり、地球温暖化を防ぐ働きになる。

水道水源林は、江戸時代には幕府の領地に属し、概ね良好な森林を形成していたが、明治維新後は、林業行政が停滞し、森林の荒廃が進んだ(資料28)。東京市は、水源涵養林経営の重要性に鑑み、御料林や府有林の払い下げを受け、自ら経営する事にした。その後、順次管理を拡大し、昭和42年にはほぼ現在の規模となった。

21世紀の到来とともに、水道水源林は100周年を迎え、「水源の森を守って100年。“これまでも、そしてこれからも”」を合言葉に、さらなる健全な森林の管理に向けて新たなスタートを切っている。

資料28の左の写真を見ると、大正末期の笠取山付近には木がほとんどない状態だが、植栽後30年すると、右の写真のようにカラマツ林が回復していることがわかる。

水道水源林の管理は、明治43年以降、10年毎に管理方針を定め、計画的に実施してきた(資料29)。当初は林業収入を前提とした森林経営を行っていたが、平成8年の第9次計画で、「経営」から「管理」に計画を変更した。第9次計画が平成17年度に終了したので、今後も水源林に求められる諸機能を効果的かつ効率的に発揮し、新たな課題に対応するため、現在は第

10次水道水源林管理計画を公表している。

東京水道は、水道事業者自らが水源を守っていくという観点に立ち、水源涵養、土砂流出防止、水質浄化の一層の向上、自然環境の保全等、森林の持つ公益的機能をより発揮する施策を全国に先駆けて導入し、実践している（資料30）。第10次水道水源林管理計画においては、これまでの取組に加え、新たに、多くの人々に親しまれる水源林への取組、多様な主体との連携による森づくりを行っている。ボランティアの多摩川水源森林隊による下草刈りなどもその一例である。また、地球にやさしい緑の循環、温暖化防止への貢献として、間伐材の利用なども行っている。

一方、近年、東京の水源林にもシカの被害が現れており、食害が進行している（資料31）。その対策としてシカ柵を設けたり、単木ネットで植えた木を保護したりしているほか、シカの捕獲も行っている。

5. 最近の課題と対策例（水量）

次に最近の課題と対策例についてお話しする。既に顕在化している課題や、課題に対して、既に実施されていたり、検討されていたりする事業を紹介しながら、水道事業者としてあるべき方向性について考えていきたい。

資料32は、東京水道の水源の約8割を占める利根川水系について、上流付近の過去100年間の降水量を示したものである。傾向を示す太い横線を見ると、全体的に、上流域では降水量が減少傾向にある。また、降水量の少ない年のワースト10年を棒グラフで示しているが、一見して最近の方が増えている事がわかる。近年では雨が少ない年が増えており、それだけ渇水になりやすいという事が言える。

資料33は、利根川上流域の現在と将来（100年後）の積雪深を示したものである。利根川上流部は、関東地方最北部の大変雪の多い地域であり、冬に降った雪は、4月から5月に大量の雪解け水となって河川に流入する。この時期は、関東地方では代かき作業によって水需要が高まる時期でもあり、流入量と需要量とのピークがうまく重なっているため、流域の需要をまかなう事ができている。現在の積雪深は、最大で150cm程度だが、将来は最大でも50cmと、現在の3分の1程度になってしまい、積雪深が大幅に減少するものと予測されている。これは、流域に雪として貯留される水が大きく減少してしまう事を示しており、利根川の河川流量に大きな影響を及ぼすものと考えられている。

資料34は、利根川上流の河川流量の現在と将来のイメージを示したものである。温暖化に伴って流出期のピークが早まるが、需要期のピークも早まると考えられる。しかし、雪として貯留される水が大きく減少するため、河川流量が減少し、ダムからの水の補給が必要になる事が予測される。こうした状況で少雨が続くと、都市用水の需要が増加する夏期にダムの貯水量も大きく減少し、これまで以上に渇水の危険性が高まる事が懸念されている。

資料35の右上図は利根川上流域の積雪量を示しており、左図は利根川の8ダムの貯水量を示している。例年であれば、雪解け水によってダムの貯水量は回復し、それが需要期を迎えるに伴って下がっていく。ところが、平成18年から19年にかけては積雪量が少なかったため、雪解けの水があまり期待できず、貯水量が回復しない状況が続いた。この時期には、「今年の渇水は大丈夫か」とかなり心配し、マスコミや都民からの問い合わせも多かった。その後、雨が降ったので、何とかその年は渇水の危機を脱することができたが、将来、雪の量が少なくなって雪解けが早くなれば、危険な状態が起こり得るのではないかと心配している。

国土交通省によると、利根川の近年20年間の降雨状況から見ると、ダムが枯渇しないように運用する場合、水源施設の近年の供給力は、当初計画した水源量に比べて8割位だということである(資料36)。さらに、将来気候変動が起きれば、供給能力がさらに減るといふ事になり、これに対応した水源の手当てが必要となる。日本の河川と土地の状況から見て、新たにダム開発できる土地は少ない事から、水の確保は非常に大きな難題である。このため、水源開発のみならず、限られた水資源の有効利用で手配するなど、不足分を解消しなければならない。

都は、水資源の有効活用策の一つとして、多摩川水系と利根川水系の間に原水連絡管を設けている(資料37)。これにより、利根川の渇水時には多摩川の水を使い、多摩川の渇水時には利根川の水を使っている。現在は1本だが、これをさらに強化してもう1本設置したいと考えている。

また、限られた水を有効に活用するためには、25,000km以上に及ぶ配水管を適正に管理・更新していく必要がある(資料38)。東京水道では、送配水管のダクタイル鋳鉄管への取り替え、給水管のステンレス化、漏水修理、最新の機器による漏水発見などの施策を進めており、漏水率は、50年前の20%と比較すると2007年には3.3%にまで改善している。世界の都市がおおよそ20%から30%の漏水率なので、東京の漏水率は驚異的な数字である。漏水率がこれだけ低くなった事で、実に250万人都市の配水量に匹敵する、年間3億3,000万m³以上の無駄をなくした事になる。

6. 最近の課題と対策例(水質)

続いて、水質に関する最近の課題と対策例についてお話しする。資料39は、主な浄水場における粉末活性炭注入率の推移を示している。通常処理では、原水への粉末活性炭の注入が必要となる。荒川を原水とする朝霞浄水場、三園浄水場での注入率は、近年上昇傾向にあり、江戸川水系である金町浄水場、三郷浄水場については、荒川水系に比べて改善されている。この対応として荒川上流河川事務所を中心とした荒川中流域水質等連絡会等を立ち上げ、共同調査や情報交換を実施するなどの連携強化を進めている。朝霞浄水場の原水のかび臭と並んで、冬期には下水臭が問題になるが、下水臭には生活排水が影響する。

資料40は、荒川における河川流量当たりの流域人口を示している。利根川から入ってくる

水の場合は、およそ1m³/秒当たり1.8万人の人がいる。荒川本川も同様であり、市野川では9.9万人、入間川では13万人にも上る。東京の朝霞浄水場、三園浄水場は先程示したように、かなり水質が悪くなっている。何とか荒川においても、水質がきれいになって欲しい、水質をきれいにしなければならないと考えている。

次に原虫類によるリスクについて取り上げたいと思う（資料41）。原虫類としてクリプトスポリジウムやジアルジアが挙げられる。これら原虫類は、環境中では直径が5～10μm程度の、オーシストという状態で存在している。このオーシストを人が摂取すると、腸に寄生して増殖し、激しい下痢などの症状を引き起こす。平成8年には、我が国で初めて水道水に起因するクリプトスポリジウムによる感染症が発生した。このオーシストは塩素に対する耐性があることから、浄水処理工程からの物理的な除去を目的として、十分なる過による厳密な濁度管理が重要だが、クリプトスポリジウムによるリスクをなくすためには、原水中で検出されない事が必要である。資料42は、当局の主要水源である利根川・荒川水系における原虫類の検出率について示しているが、これは、利根川・荒川水系の水道事業者と協力し、平成12年から毎年実施した調査の結果である。利根川の本川では検出率が約50%だが、支川では100%検出されている。この結果から、利根川の支川では、原虫類は必ず存在すると思われる。その原因として、利根川流域では畜産業が盛んであることが考えられ、そのため検出率が高くなっているのではないかと想定される。この畜産排水がこのまま川に入ってしまうと、クリプトスポリジウムなどの問題が出てくるので、畜産排水を積極的に下水道に受け入れ、適切な施設と管理によって、しっかりとした下水処理を行う必要があると考えている（資料43）。

続いて、渡良瀬川水系における未規制物質等の有害化学物質の問題について紹介したい（資料44）。平成20年2月下旬、江戸川を水源とする浄水場の原水において、最高で約0.01mg/Lの濃度の1,4-ジオキサンが検出された。原因を調査したところ、渡良瀬川支流の秋山川に放流している下水処理水中の1,4-ジオキサン濃度が高いことが判明し、栃木県環境保全課から、原因となっていた排出事業者に排出抑制対策を指導してもらうことになった。

当局では、今回の事例で見られた1,4-ジオキサンや、農薬類などの人の健康に影響を及ぼす項目について、早期に環境基準化するよう関係機関に要望しており、1,4-ジオキサンの環境基準化については、現在中央環境審議会で検討中である。

また、利根川水系では、未規制物質の過塩素酸が他水系よりも高濃度であるという問題がある。当局では過塩素酸に対しても、現在、国および上流の自治体などについての要望を行っている。過塩素酸は、甲状腺のヨウ素の取り込みを阻害する物質で、特に妊婦による阻害が胎児の神経発達に影響するという事が懸念されている。

次に、近年の大きな課題として、気候変動が水質に及ぼす影響がある。

まず、濁水の発生についてだが、資料45の上図は過去30年間の土砂災害件数、下図は1時間当たりの雨量が100mmを超える豪雨の発生回数をそれぞれまとめたものである。下図を見

ると1時間当たりの雨量が100mmを超える豪雨の発生回数が、最近の10年で大きく増加していることが分かる。また、上図を見ると、10年前までは土砂災害発生件数の年間平均は770件程度で推移していたが、最近10年では1,100件以上となっており、大きく増加していることが分かる。豪雨は河川に大量の土砂を流出させ、その結果、水道原水の濁度を大きく上昇させる。東京水道は、一昨年(平成19年)に台風9号による記録的な豪雨の影響を受けた。資料46はその時の、小河内貯水池における1時間ごとの降雨量を示したグラフである。最大で1時間当たり50mmもの雨が降り、気象庁の観測では、24時間雨量としては観測史上最高を記録した。この豪雨により、小河内貯水池にはかつてないほどの膨大な量の濁水が流入した。資料47はその時の小河内貯水池の様子である。左の写真が貯水池の湖面、右の写真が貯水池から放流された水の様子である。台風が来襲した直後、貯水池の濁度は最高で260度に達した。その後、放流水濁度は徐々に低下してきたが、半年以上もの間、例年よりも放流水濁度の高い状態が続いた。

一方、地球温暖化の影響により、貯水池によるかび臭の発生を高めてしまう事が懸念されている。貯水池で植物プランクトン(藻類)の一種である藍藻類が大増殖し、湖面にベニキをまいたように水の色が変わってしまう現象をアオコと言う。アオコは強いかび臭を発生させることがあるため、貯水池の下流で取水している浄水場では、浄水にかび臭がついてしまう恐れがある。小河内貯水池でも流入河川の水温が上昇しており、資料48のグラフの通り、この20年間で1程度上昇している。この影響かどうかははっきりとはしないが、近年アオコの発生が問題となっており、資料48に示した対策装置を設置している。

資料49の図は、貯水池の流入部付近の断面図で、左側が貯水池の上流、右側が下流を表している。分画フェンスを湖面にフロートで浮かせて、それに2メートル、あるいは10メートルのカーテンを吊り下げ、湖水の流れを遮っている。小河内貯水池のアオコは貯水池の最上流域で増殖を始めるので、貯水池の上流部にこの分画フェンスを設置することで発生したアオコをせきとめ、貯水池全体へ広がるのを防いでいる。

資料50は、表層水移送装置を横から見た図である。アオコは植物プランクトンなので、通常は太陽光の届く表層で、光合成を行いながら増殖する。表層水移送装置は、貯水池の表層で繁殖したアオコを水と共に吸い込み、それを太陽光の届かない底層まで移送し、そこで死滅させるというものである。

さらに、地球温暖化が水質に与える影響として、水循環の阻害が考えられる(資料51)。一般的に、春から秋の間は、貯水池の表層と底層では水温差が生じて水温成層が形成され、水は混ざらない。そのため、底層部が嫌気性になりやすくなり、その結果、底層部の堆積物から、アオコの養分となる栄養塩類などが溶出してくる。一方、冬には表層と底層の水温差がなくなり、水の循環が起こる。これによって、表層の酸素が底層部に送り込まれて、堆積物質からの栄養塩類溶出が抑制される。ところが、温暖化が進行すると、春から秋については前述したと

おりだが、冬も表層部の温度が高いために、循環が起りにくくなる。温暖化の進行によって、年間を通じてこういった状況になると、底層部で酸素が不足し、栄養塩類の溶出が起こった結果、藻類、すなわちアオコなどが発生するということが懸念される。

7. 水道にとって望ましい河川とは

最後に、水道にとって望ましい河川とはどのようなものか、考えていきたい(資料52)。

水資源の課題としては、季節により降水量に偏りがある事や、河川が急勾配であるため河川流量の変化が大きい事、将来における積雪深の減少が予測されてはいるが、気候変動が水資源に与える影響が未知数な事などが挙げられる。これまでは、ダムなどの水資源開発を行うことで河川流量を安定させ、水量の豊かな河川の下流からの取水が行われてきた。下流からの取水は、冒頭で述べた通り、ポンプによる送水が必要であり、エネルギー効率が良くないため、可能な限り位置エネルギーを活用できる上流からの取水が望ましい。これからは気候変動の影響などを踏まえ、相応の対策を実施する事が必要になってくる。水道事業者の立場から言えば、望ましい河川とは、取水地点における水量が安定し、かつ豊富な河川である。これに加え、取水地点は、位置エネルギーが活用できることが望ましい。

これまで、東京水道における水の確保の歴史を述べてきたが、大変な努力を必要としてきた。今後も、安定した水源の確保にはかなりの労力がかかると考えている。

水道原水水質の課題としては、かび臭原因物質、アンモニア態窒素、トリハロメタン前駆物質、農薬、微量有機物などの問題がある(資料53)。通常処理では、これらの物質は除去が困難であり、そのため、当局では現在、高度浄水処理の導入を進めている。水道事業者にとって望ましい河川とは、通常処理で、十分安全でおいしい水準に達することができる水質の河川であると思っている。そのためには、健全な河川水環境への対策をなんとか実施しなければならない。

そこで、具体的に水道原水としての河川水の水質を改善するためには、どのような対策が必要かを考えてみたい(資料54)。これまで説明してきた水道の原水水質の問題について、その原因や課題を見ると、支川などにおける停滞水域の存在がある。これは、藻類を増殖させ、かび臭原因物質を出してしまう要因となる。水道にとって不十分な下水処理は、一方では窒素・リン濃度の上昇を招くので、藻類の増殖にも影響し、他方では、通常の下水処理では処理をしないアンモニア態窒素の高い水に塩素を入れると、カルキ臭が発生する、という問題がある。支川の汚濁物質が直接原水へ流入すると、原水中の有機物やアンモニア態窒素等が増えてカルキ臭の原因となるため、味・臭気にも影響を与えることになる。また、農畜産関係の面源からの汚濁負荷は、アンモニア態窒素、有機物、原虫類の問題につながる。特に、原虫類や未規制物質に対する管理の不徹底は、健康リスクの増大に繋がっていく。

このように、水道利水の観点から水環境対策を考えてみると(資料55)、水道利水上必要

な項目の環境基準の設定、 汚濁支川の効果的な直接浄化施設の整備、 流水保全水路などによる河川構造の改善、 上流域の貯水池などのかび臭防止対策、 下水道終末処理場におけるアンモニア対策、 下水道による事業者の化学物質管理の指導、 農畜産関係の面源対策の推進、 健全な水循環計画の早期作成、等が求められる。

これまで、水道側から水循環について見てきたが、水道にとって、健全で良好な水循環は、まさに生命線である事が再認識されたと思う。我々水道事業者側も、引き続き良好な水環境の維持形成に努力して参るとともに、次の世代に良好な形で引き継いで行けるよう願ってやまない。