

第四十三回定例研究会

下水道管路管理の課題

日本下水道管路管理業協会専務理事

田中 修司

今日は、トイレや尿尿に関心の深い方々の前での講演ということですので、前半はドイツで見聞した尿尿分離型の下水道システムについて紹介し、後半の時間で下水道管の維持管理についての話をしたいと思います。

タイのトイレ

以前、JICAの専門家としてタイのバンコクに2年間ほど滞在したことがあります。あちらのトイレは和式便器に似た形で、しゃがみ式でし

た。ただ、「きんかくし」はついていません。また、日本とは異なり、ドアの方に向いてしゃがみます。蛇口にホースが付いていて、右手にホースをもち、尻に水をかけながら、左手で尻の汚れを洗淨するのです。慣れてくると、この方式は快適です。

タイでは、水浴びをトイレのあるところで行いますので、どんな田舎にいてもトイレは清潔に維持されています。トイレに入るのが嫌だなど思うことはありませんでした。ちなみに、同じ形式

の便器を使っている近隣のラオスやカンボジアのトイレは汚かったです。

東南アジアのトイレ事情に関しては、「東方見便録―もの出す人々から見たアジア考現学―」（齋藤政喜 著、文春文庫）という本に詳しく紹介されています。著者が女性のイラストレイターとともに、各国のトイレを実際に使ってみての見聞録です。たいへん面白い本です。

途上国の衛生問題を改善しようとするとき、たいがい水道を先に普及させようと思いますが、どうもそうではなく、むしろトイレの衛生改善の方が重要であるようです。それは、水に起因する病気がばかりでなく、尿尿に直接、由来するルートからの感染が多いからです。

タイのトイレでも、尻を拭く紙が用意されているところもたまにあります。この場合は側にゴミ箱が置いてあり、使用済みの紙はこちらに入れるようになっていきます。下水の処理方式がセプテックタンク法なので、紙をトイレに流すと、処理施設で目詰まりを起こしてしまうからです。

ドイツでの尿尿分離型下水道の試み

一昨年、ベルリンで開かれた下水道に関する日本とドイツとの会議（日独下水道ワークシヨップ）に出席しました。そのとき、尿尿分離型の下水道システムを見聞することができました。このシステムは、すでにスウェーデンでは一部で実施されているようですが、ドイツでは実験段階です。

便器に二つの排出孔があつて、大便と小便とが別々の孔を通つてそれぞれの排出管に流し出されます。便器の底面が二段になっていて、小便を排出する孔は高い方の段にあります。

便座のところにレバーのような突起があり、便座に座るとこれが作動し、小便を流す孔の弁が開きます。便座に座つて小便をすると、小便は前の方にある孔を通つて排出されます。一方、大便をした後で立ち上がると水流水が出てきて、後ろの孔から大便が水流水とともに流し出されます。

事前調査として、下水の水質分析を行つています。下水には、一日、一人当たりに換算して、窒

素分が一四g、磷酸分が二g、カリウム分が五g、有機物質がCOD（重クロム酸カリウム法での）で八五g含まれています。また、このほか細菌や服用した医薬品の成分も含まれています。

これを小便、大便、雑排水別に分けてみると、窒素は、小便に八七%、大便に一〇%、雑排水に三%含まれています。磷酸は、小便に五〇%、大便に四〇%、雑排水に一〇%、また、カリウムは、大便に一二%、小便に五四%、雑排水に三四%含まれています。細菌は、大便が七十で圧倒的に多く、次いで雑排水の二十、小便の一十です。さらに、医薬品成分は、小便が七十、大便が二十、雑排水が一十です。

ドイツで現在特に関心をもたれているのは、下水中の抗生物質などの医薬品成分の存在です。これらは難分解性であるため、下水を生物処理しても完全には分解しきれずかなりの部分が処理水に残存し、河川などの環境水域に放出されてしまうからです。特に、小便に多く含まれています。

そこで、小便と大便とを分離して回収し、それ

ぞれ別々に処置することによって、医薬品成分の環境水への流出を防ぐということから、尿尿分離型の下水道システムの考え方が生まれたのです。

事前調査に引き続いて、デモンストレーション・プロジェクトが実施されました。二〇〇三年から二〇〇六年にかけて、ベルリンのある処理場の事務所とその近くにある職員用アパートのそれぞれに一〇個程度の尿尿分離型の便器を試験的に設置して、パイロット処理実験を行いました。

事務所では、大便は真空式で吸い取る方法と自然流下式との二通りで回収し、小便と雑排水は自然流下式で回収しました。また、職員用アパートでは、大便、小便、雑排水ともに自然流下式で回収しました。

真空式で回収した大便は、嫌気性発酵処理した後農地に還元し、そのとき発生したガスは有効利用しています。また、自然流下式で回収した大便は沈殿させ、その沈殿物はコンポスト化した後、農地に還元しました。さらに、回収した小便は、そのまま農地に還元し、雑排水はセプティックタ

ンク經由後、水草を繁茂させた浅い池（ウェットランド、酸化池の一種）に導水し処理しました。

これらの便器の使用者に対して、屎尿分離型便器の使用感（従来型の便器との比較）についてのアンケートを行ったところ、自然流下式で大便を回収する方式では、デザインについては良いが十四%（五人）、変わらないが七〇%（二六人）、悪いが十六%（六人）でした。洗浄については良いが五%（二人）、変わらないが五三%（十九人）、悪いが四二%（十五人）。座ったときの感じでは良いが九%（三人）、変わらないが八五%（二八人）、悪いが六%（二人）。清潔感では良いが十一%（四人）、変わらないが六二%（三三人）、悪いが二七%（二〇人）。そして、音では良いが十四%（四人）、変わらないが七九%（三三人）、悪いが七%（二人）でした。

一方、真空式で大便を回収する方式では、デザインについては良いが〇%、変わらないが七三%（十一人）、悪いが二七%（四人）でした。洗浄については良いが〇%、変わらないが三六%（五人）、

悪いが六四%（九人）。座ったときの感じでは良いが七%（一人）、変わらないが六七%（二〇人）、悪いが二七%（四人）。清潔感では良いが〇%、変わらないが五〇%（七人）、悪いが五〇%（七人）。そして、音については良いが〇%、変わらないが二七%（三人）、悪いが七三%（八人）でした。航空機のトイレで経験される、真空で引くときのあのスポンという音が気になったのだと思われる。

（大便を沈殿させた後の上澄み排水＋雑排水）をウェットランド処理することよつて、事務所のみの場合では、アンモニア性窒素は六・九mg N/l が〇・一mg N/l に減少し、逆に硝酸性窒素は〇・三mg N/l が六・四mg N/l に増加しています。総燐酸は二・五mg P/l が〇・四mg P/l に減少しています。また、CODは、一〇二mg/l が二二mg/l に減少しています。一方、事務所と職員用アパートからのを合わせた場合では、アンモニア性窒素は二〇・四mg N/l が二・六mg N/l に、硝酸性窒素は一・一mg N/l が一三・二mg

N／ℓに、総燐酸は六・七mgP／ℓが一・七mgP／ℓに、また、CODが四〇二mg／ℓが二八mg／ℓに、それぞれ変化（減少あるいは増加）しています。

ところでここに、興味のあるデータがあります。

回収された小便のCOD、総窒素、総燐酸の負荷量を見ると、文献値に較べて実際の値が1／2から1／3と低く、逆に、大便のそれは、実際の値の方が文献値より高くなっているのです。これは便器に排泄された小便の半分程度が、大便を排出する方の孔に入ってしまったからだと考えられます。

また、雑排水の窒素や燐酸が、文献値より実際の値の方が二倍以上高いのです。これは想像の域をでませんが、シャワーで体を洗うときに小便をすることがあるのではないかと考えられています。

大便と小便を分離して回収するメリットは、小便を農地に還元することによって、小便に含まれている燐の有効利用およびネガティブな因子である医薬品成分を環境水域に放出させないですむこ

とにあります。

この尿尿分離型下水道システムは、近年、日本においても一部の識者から注目されています。

公衆衛生向上の大切さ

下水道を整備する目的は、生活環境の改善、公衆衛生の向上それに水質環境の保全であるとよくいわれていますが、今までは三番目の「水質環境の保全」ばかりが注目され過ぎてきたきらいがあります。最近あまり強調されなくなりましたが、むしろ二番目の「公衆衛生の向上」が、きわめて重要であるにもかかわらず、従来ないがしろにされてきたのではないかと、私は考えています。

私自身、タイのバンコクでの生活を2年間ほど経験しました。この市には下水道はあるのですが（普及率は四五％ぐらい）、半年に1度くらい激しい下痢に罹りました。日本では経験したことのないような症状です。街の屋台で外食を摂ったからということではなく、比較的よいレストランで食事を摂っているにもかかわらずなのです。食材

の流通経路、調理段階、食器の洗浄段階など、全体的な衛生状態が影響しているのだと思います。

一〇分に戻ぐらいの頻度でトイレに行かなくてはならないほどの症状ですので、医者にも行かないのです。そんな状態が三日間ほど続き、治りました。

同じ頃、インドに出向いたJICAのある専門家は、二週間に一度くらいの頻度で下痢をおこしていたと言っていました。私もかつてインドに行ったことがあります。人間の大便が公園とか道端にたくさん落ちていて、朝方のまだ薄暗い頃に、道端にしゃがんで排便をしているのです。これが乾いて風で舞い上がって、ほこりとともに口に入り込んで下痢をおこすのではないのでしょうか。尿尿が適切に処置されていないと、どんなに手洗いなどに気をつけていても、このような空気を介しての感染によって、下痢が頻発するのではないのでしょうか。

一方、これだけ下水道や浄化槽が普及している日本ではどうでしょうか。この図(略)は、都道

府県別の〇—157の発生率と下水道普及率との関係を示したものです。縦軸は、人口一〇万人当たりの患者発生人数(発生率)です。横軸は下水道普及率です。一九九九年からの五年間のデータをプロットしてあります。大まかな傾向線を引いてみますと、下水道の普及率が高いほど、〇—157の発生率が低下しています。この病気は、病原性大腸菌に感染することによって、腸内で出血性の炎症をおこすもので、赤痢と同様に原因菌が出すペロ毒素により発症します。大腸菌の中に赤痢菌の遺伝子が入り込んだため、病原性をもつようになったのです。〇—157は、先進国における赤痢だといってもよいと思います。日本では、年間四〇〇〇人ほどが罹患しています。

管路管理を巡る課題

下水を処理施設まで導水してくる下水道管路の管理の大切さが認識されているかというと、必ずしもそうではありません。

まず、下水道管が詰まる原因をみてみましょう。

これは木の根が水を求めて、下水道管の破損箇所から侵入して管を閉塞させた例です。こちらはラーメン屋さんが流し台にスープをそのまま捨てると、その中のラード分が下水管内で冷えて、管壁にバームクーヘン状に付着している様子です。管は徐々に細くなり、ひどい場合は閉塞してしまうことがあります。こちらは管にできたクラックから回りの土砂が管内に落ち込み閉塞させた例です。このほか、モルタルやセメントが不法に流し込まれた結果生じる閉塞もあります。

このような状況を常時把握し、大事に至る前に処置を施し、管路を適正に管理していくには、それ相応の費用と人員を投入していかなければなりません。が、ややもすると、このことに対する切迫感に欠けるところがあります。

一方で、何故、管路が劣化し破損するのか、何故、管の周辺に空洞ができ、ひいては道路陥没にいたるのか、が必ずしも明確ではないなど、管路管理を巡るもろもろの調査研究とデータの集積が十分でないところがあります。

管路からの汚水の溢水とその影響

アメリカでの話です。未処理下水を放流することとは違法なのですが、分流式下水道の汚水管に流れている汚水が、マンホールから溢れることが年間数千件おきていて、水道水源の汚染や海水浴場の閉鎖などのトラブルがおきています。この原因としては、汚水管への雨水の浸入や管の閉塞があげられます。

逆に、雨水管に何故か汚水が流入してしまうことがあります。汚水には屎尿が含まれており、病原菌の存在が懸念されますので、雨水とともにそれが環境水域へ放流されることが危惧されます。

これらのことは、水を経由しての病原菌の人体への感染の危険性をはらんでいます。

ところで、これとは別に、地上に溢れた汚水に含まれていた病原菌が、地面が乾燥後、ほこりとともに空気を介して人体に入ることがあります。

これは日本の池袋での事例ですが、二〇〇六年の十二月二日、あるホテルの結婚式場で、ノロウ

イルスに感染していた人が嘔吐物を廊下の床に吐いてしまいました。すぐに床の絨毯を清掃したのですが、完全には除去できなかったのでしょうか。

残存していたノロウイルスが舞い上がり空中にただよい、その後その廊下を歩いた人たちが次々と感染してしまいました。二週間後には、このたった一人の嘔吐物から、なんと二四六人もの人に感染が広がってしまいました。ノロウイルスは基本的には水系感染なのですが、感染力が非常に強いので、このような空気感染をおこしたのです。この現象は、日本ばかりでなく世界的にも知られています。普通の病原菌では一〇〇万個体ほどが体内に入らなければ感染しないのですが、ノロウイルスの場合は一〇個体ぐらいでも発症するそうです。

マンホールから汚水が溢れた場合、もし汚水にノロウイルスが含まれていると、これが後に乾燥し空中に飛散し、人に感染するおそれが十分にあると考えられます。

さらに、新型インフルエンザは飛沫感染といわ

れています。仮に感染力が強いと、ノロウイルスと同じような空気感染で広がるおそれがあります。

地下水の下水道管への浸入

下水道管への地下水の浸入は、従来、処理場に対する水量負荷の増大が問題視されてきましたが、実は、下水道管の劣化の原因にもなっていたことが、最近になってわかってきました。地下水の浸入とともに、管体を覆っていた土砂が管内に流入してしまいうため、管の周辺に空洞ができ、個々の管の継ぎ手の連結がゆるみ、管路に凹凸ができてしまい、一定の勾配が保てなくなってしまうのです。

こうしたあらたな視点にたつて、地下水の浸入を抑える手立てを積極的に考えていく必要があります。

道路陥没の原因

硫化水素などによる腐食で生じた管路の欠損部

分や管体が生じた亀裂部分あるいは管の継ぎ手不良部分などからの地下水の浸入が、周辺の土砂の管内への流入を促し、その箇所が次第に空洞化し、路盤上部の重力に耐えかねて、ついには道路陥没にいたります。自然の地下水ばかりでなく、水道管の漏水もこの誘因になっているのではないかとされています。

また、各家庭からの取り付け管の管体への接続に関して、接続部分の強度や施工面からの再検討の必要性が指摘されています。現在、道路陥没は、年間四〇〇〇件から六〇〇〇件発生していますが、その八割から九割は、この取り付け管の周辺おきています。

さらに、道路を走る車両の総重量の制限が二〇トンから二五トンへアップしたことや交通量の増大の影響も無視できないことです。

下水道管の施工初期の不具合

下水道管の内部を調査したところ、設置してから一〇年しか経過していない管の四五%近くに、

なんらかの異常がみられたとの報告があります。施工時あるいはそれにごく近い時期に、なんらかの問題がすでに生じていたのではないかと考えられています。

このことは、電気設備や機械設備の分野ではすでに知られていることです。従来、予防保全の観点から、運転途中での定期的な点検が重要視されてきましたが、初期段階での故障を減らすこと(施工法の改善など)や、なるべく分解せずに実施できる点検法の採用などを考えていくべきでしょう。

管路管理の現場

管路内には様々な危険が潜んでいます。物理的な因子としては、滑る、流される、落下するなど、有毒ガスとしては、硫化水素、酸欠など、衛生的な因子としては、ネズミ、寄生虫、病原菌、ウイルスなどがあげられます。

管路内の作業環境に関するデータは、極めて少ないのが現状ですが、流れている流量のデータだけでも、継続して蓄積できれば大きな価値をもつ

てきます。非接触型のセンサーを駆使してのモニタリングや光ファイバーを用いた神経系統(情報の伝達)の確保などの技術開発が待たれます。

資格制度の充実

三年ほど前のデータですが、地方公共団体における処理場の管理をも含めた維持管理担当者の数は、二〇歳代以下が七％、三〇歳代が二三％、四〇歳代は二三％、五〇歳代が四四％、六〇歳代が三％です。公共団体の職員は全体的な計画や指導業務が多く、実務の大部分は民間に委託されているのが現状ですが、この年齢構成をみると、確実に高齢化が進行しており、公共団体サイドにおいては、近い将来には、経験者不足にみまわれると考えられています。

委託を受ける民間サイドにおいては、管路の維持管理を的確に実施するために、それに従事する担当者の技術力を担保する必要があります。

私は現在、日本下水道管路管理業協会におりますが、当協会では、管路管理技士の資格制度を設

けています。専門技士、主任技士それに総合技士の三段階からなっています。受験資格は、専門技士が実務経験三年以上、主任技士および総合技士は、ともに日本下水道事業団の行う下水道管理技術認定試験(管路施設)の合格者でかつ実務経験が前者で五年以上、後者で七年以上となっています。部門としては、清掃、調査、修繕・改築があります。学科試験に加えて実技試験あるいは論文などが課せられています。

平成二〇年度における、この管路管理技士の有資格者は全国で、総合が一二四人、主任が一、三七三人、清掃が一、九七七人、調査が一、七六一人それに修繕・改築が一、七八四人です。総計七千人強となっています。

(平成二〇年七月十一日)

※(お詫び)

「下水文化研究 第二十号」二八頁で、「第四十三回定例研究会講演」とあるのは「第四十四回定例研究会講演」の誤りです。訂正します。