

日本下水文化研究会 第二一回定例研究会講演

し尿処理技術の動向

河村 清史

河村 ただいまご紹介いただきました埼玉県環境科学国際センターの河村です。

本日お話しするテーマは「し尿処理技術の動向」ということになっておりますけれども、現状だけではなく少し歴史的なところも踏まえたお話しをさせていただきますと思います。

日本水環境学会というのがございますけれども、今日お話する内容はそのセミナーでお話ししましたもの⁽¹⁾がベースになっております。それと、後でお話ししますけれども、最近、し尿処理施設が国庫補助の対象からはずれて、汚泥再生処理センターに変わってきております。これに

つきましては新しい情報としてお話できると考えています。

し尿処理の現状

当然ながら皆さんはご承知だと思いますけれども、し尿は非常に汚濁負荷が大きいものであると同時に、人の腸管系の病原微生物を含有している可能性が非常に高いものです。

わが国の場合は、ご案内のように色々な形でし尿を処理するシステムができあがっておりますけれども、世界的な観点からあるいは地球規模的な観点から見ますと、非常に限られた地域でのみ下水道で対応されています。例えば、日本の場合

ですと現在五十%強の人は下水道を使っておられますけれども、世界中で見たら恐らく一〇億人を切るのではないかと想像します。そうなりますと、残り五〇億人以上の人のし尿の処理はどうなっているのかという問題もあるかと思えます。

他の地域では、下水道で収集するが未処理で放流するとか、あるいは生活雑排水と併せて腐敗槽で簡易処理したり、地下に浸透させたりするといふことがなされています。貯留という形でただ穴に溜めておくこともあります。

そういう状況に比ばまして、日本では下水道、浄化槽、し尿処理施設というものがありまして、処理水質の良し悪しは別としまして、基本的には大方のし尿が衛生的に処理されるようになっていきます。その中の一つのし尿処理施設について、今日お話しします。

今日お話しします話題を紹介しようと、まず衛生処理への対応と処理水質の高度化があります。

それから、最近では下水道の方が伸び率は高いのですけれども、単独処理浄化槽を中心とする浄化槽が広がってきております。このため、し尿処理施設に搬入される物について浄化槽汚泥の割合が高くなってきていることから、それへの対応が必要になってきています。これについてお話しします。それから、最初に申しました汚泥再生処理センターにつきましては、処理対象にし尿あるいは浄化槽汚泥だけではなく家庭の生ごみ等まで含めることによって資源化を図ろうという形へ移行してきておりますが、この辺のところをお話しさせていただきます。

それではし尿というものはどういう性状であるか、あるいは浄化槽汚泥はどういうものであるかということ、ここに一つの資料をご紹介します(注：表1参照)。通常用いられる汚濁指標です(注：表1参照)。BODで一〇、〇〇〇ミリグラム／言いますと、BODで一〇、〇〇〇ミリグラム／しくらいが平均値としてある。浄化槽汚泥では

四、五〇〇ミリグラム／リ程度であります。

もう一つ重要なものと思われるのは、アンモニア性窒素を主体とする窒素、すなわち全窒素、それから全リンということが言えるかと思えます。これらが非常に高い濃度で含まれています。し尿あるいは浄化槽汚泥はある種の資源であると思われることができます。もちろん、BODで表現されるようなカーボン源でもありますが、同時に特に今申しました窒素とリンの資源です。リンの場合は、経済的な採掘という観点で見ると枯渇資源であると言われるものですけれども、し尿リットル当たり約五五〇ミリグラムを含んでいるという意味で資源であるということになるかと思えます。

それでは、わが国でどれだけのし尿の量が出ているかということを見てみます。収集し尿ということで見ると、大体一人一日一・五リットル程度を見ればよいと思えます。総人口が約一億二千数百万人（注：一九九四年度末）ですから、一

表 1 し尿処理場に搬入される収集し尿及び収集浄化槽汚泥の性状⁽²⁾

項 目	収集し尿			収集浄化槽汚泥		
	試料数	平均値	標準偏差	試料数	平均値	標準偏差
pH	319	8.0	0.5	243	6.9	0.7
蒸発残留物	mg/L 304	23,600	7,050	230	12,400	8,770
SS	mg/L 321	13,000	6,480	243	9,700	7,800
BOD	mg/L 321	10,500	3,340	243	4,470	2,960
COD	mg/L 321	5,840	1,750	243	3,730	2,210
塩素イオン	mg/L 321	2,520	922	242	368	522
アンモニア性窒素	mg/L 217	3,080	1,040	171	500	724
全窒素	mg/L 321	3,940	1,250	243	1,060	873
全リン	mg/L 115	543	498	82	149	112

日に処理しなければならぬ量は約一九万キロリットルになります。それから、収集し尿の平均BOD濃度が先程の一〇、五〇〇ミリグラム/Lだということにしますと、処理すべきBOD量は一日当たりで約二〇〇万トンになります。

実際それを先程言いました色々な方法でどういふふうにやっているかということを示しているのがこの図です（注：図1参照）。

赤の点で示しております線（注：上に下水道人口と記した点線）が下水道人口で、こちら（注：下に浄化槽人口と記した線）が浄化槽人口です。一九八五年ぐらいまではほぼ同じような割合で対象人口が増えていたのですけれども、最近では下水道の方は伸び率がコンスタントに続いておりますが、浄化槽人口はこの辺り（注：一九八七年頃）で伸びが止まりまして、現在約三千数百万の人達が浄化槽を利用しています。浄化槽の設置基数は八百数十万基あると言われております。その両者が水洗化人口ということで、総人口から

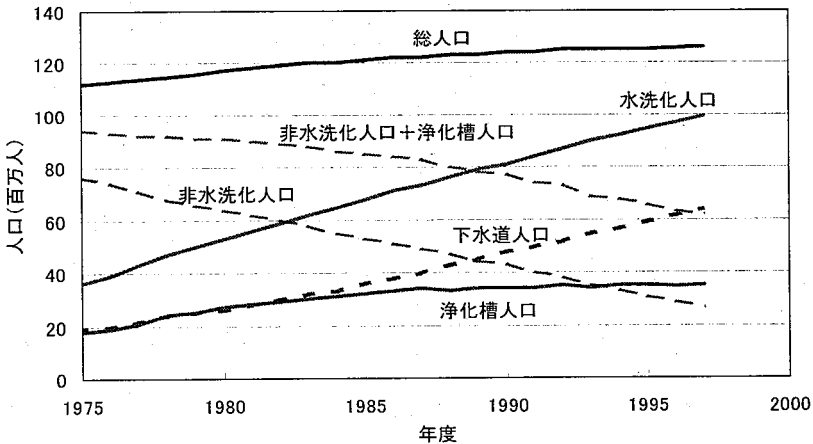


図1 各種人口の推移

水洗化人口を引きますと、これ（注：上に非水洗化人口と記した点線）が非水洗化人口です。生し尿を対象としなければいけない人の数です。それから、実質上浄化槽汚泥というのは、集めたあとは大半をし尿処理施設で処理しておりますから、非水洗化人口と浄化槽人口を足したこの赤で示しております線（注：上に非水洗化人口＋浄化槽人口と記した点線）が、し尿処理施設で対応しなければいけない人口となります。具体的に言いますと、一九九三年度では約七千万の人のし尿あるいはそれに由来する浄化槽汚泥をし尿処理施設で対応したというふうになっております。

し尿処理の歴史

このし尿処理がどのような変遷をたどってきたかをお話します。し尿処理の技術的な変化・革新といえますのは、大体十年単位で生じております。後で具体的な図をお見せしますけれども、そ

ういうことから言つて昭和二〇年代、三〇年代、四〇年代という時代区分でどう変わってきたかということをお話します。

(1) 昭和二〇年代とその前

最初は「昭和二〇年代とその前」ということです。皆さんご案内のようにし尿は昔は非常に貴重な肥料であつて、九〇〇年代に作られた延喜式と言う本にも既に肥料として使うということが記してあるとことです。戦前まで広く使われておりまして、寄生虫症の原因という意味等での問題はありましたが自然の中での循環をしていたということです。

しかし、第二次世界大戦後になりました、寄生虫症などの問題から進駐軍が農業利用の中止を勧告したり、我々自身が生野菜を食べるような食生活に変わったりしたこと、農民がし尿の散布を嫌ったりしたとか、また安価な化学肥料が普及してきたとかということがありまして、し尿の農業利用は非常に減っていききました。

それに加えまして、戦後復興で非常に多くの人が、それが都会に集まってきたことで余剰のし尿が非常に多く出てきて、それを川とか山等に捨ててきたということがありまして、それではということでもし尿を集めて集中的に処理することが検討されました。

わが国で最初の今言うところのし尿処理施設は昭和二八年に造られました。これは嫌気性消化処理方式と言うものです。その後、昭和二九年から国庫補助の対象になったということで、「し尿処理の幕開け」と言えるかと思えます。

(2) 昭和三〇年代

昭和三〇年代になりますと、嫌気性消化処理方式が非常に普及したわけですが、これはご案内のように非常に長い処理時間がかかる。そういうことと併せて、広い施設面積が要る、また現在のような色々な形の対環境対策がなされておられませんので、非常に臭気の問題等があ

る。そういう色々な問題がありまして、化学処理方式とか酸化処理方式に変わってきております。

化学処理方式は凝集剤を使って固液分離した後、生物処理する形で、一時ありましたけれども、昭和四二年以降は建設されなくなり、基本的に酸化処理方式ということで、現在言いますところの好気性処理を使った方法になっております。

(3) 昭和四〇年代

昭和四〇年代に入りまして、新たに湿式酸化処理方式というものが出てきております。それと、先程言いました酸化処理方式が非常に普及してきました。ただ、ご案内のように、昭和四〇年代の後半になりますと公害問題とか環境保全ということが非常に大きく言われるようになりました。し尿処理に対しましても高度な処理をすることが要求されるようになっておりまして、溶解塩類や溶解性有機物を処理するための凝集分離とかオゾン処理とか活性炭吸着が取り入れられるよう

になってきております。

(4) 昭和五〇年代

昭和五〇年代になりますと、CODの総量規制等が始まりました。凝集分離設備を設けるとか、あるいは窒素除去としての標準脱窒素処理方式という脱窒素も含めた処理方式が加わってきております。先程の浄化槽汚泥に対しましては、昭和五六年に浄化槽汚泥に対する方式が加わってきました。昭和五五年以降は標準脱窒素処理方式が主流になっております。

先程はお話ししませんでしたけれども、嫌気性消化処理方式にしても好気性消化処理方式にしても、どこかの段階で希釈水を使います。一〇、〇〇〇ミリグラム/LのBODのものを処理するわけですからやはりどこかでかなり希釈をする必要があるということで、二十倍前後の希釈水を使っておりましたけれども、標準脱窒素処理方式につきましてはそれを十倍前後に抑えたというのが特徴であります。

窒素につきましては、色々な問題、閉鎖性水域の富栄養化とか稲の徒長とかの他、分析上で亜硝酸によってBODの異常な値が出るとか、処理上でアンモニアに起因するアルカリ度が凝集処理におけるpH調整用の薬品を消費するとか、オゾン処理において亜硝酸がオゾンを消費するとかといったことがあり、ただ単に環境だけの問題ではなく他の問題も含めて対応していこうということになったのだと思います。

また、昭和四八年のオイルショックなどを契機としまして、省エネルギーとかコンパクト化とか、あるいは先程の希釈率を小さくする低希釈化ということが言われるようになりました。高負荷脱窒素処理方式というものが出るようになりました。これは、MLSS濃度を非常に高めまして高いBOD負荷でも対応できるようにしようということ、希釈倍率を二倍から三倍ぐらいまでに下げることになったわけです。

ただ、そういうふうにはMLSS濃度を非常に高くすることにつきましては、それ相応の曝気装置の工夫とか、反応槽の形状の問題とか、あるいは固液分離の問題とか、当然のことながら色々な問題が出てくることになりました。

(5) 昭和六十年代

昭和六十年代になりました、高負荷脱窒素処理方式の課題の一つであります高MLSS濃度での固液分離への対応策として、今では下水道、あるいは水道、あるいは農業集落排水施設や浄化槽などでも広く使われております膜分離技術、限外ろ過膜とか精密ろ過膜と言われる膜を用いた分離技術の導入を考えるようになりまして、最初のもは昭和六一年にし尿処理の分野で導入されております。

その後、私がおりました国立公衆衛生院と廃棄物関係の財団であります財団法人廃棄物研究財団が厚生省の研究予算をいただきまして、官

民共同研究をする中で新しい膜分離高負荷生物脱窒素処理方式というものを導入することになりました。これは固液分離に膜分離技術を使うことになっております。

これが非常に駆け足で見ましたし尿処理の歴史になるわけです。

(6) 現在

現在は、最初にも申しましたが、有機性廃棄物のリサイクルを拡大しようということ、また処理の対象を拡大しようということから、平成九年度から、平成九年度はごく一部で一〇年度から本格的になったのですけれども、従来のし尿と浄化槽汚泥を対象とするし尿処理施設に対しまして国庫補助を付けなくなりました。そして、新たに処理対象物をし尿と浄化槽汚泥以外のもの、端的に言いますと家庭の生ごみ等にまで広げて、なおかつた汚水を衛生処理するだけではなく、し尿や生ごみ等が持っている資源あるいはエネルギー

を回収しようということを機能とする汚泥再生処理センターに対する国庫補助が始まりました。もちろん、汚水の処理には今まで培ってきた屎処理技術が適応されております。

ごく最近ですけれども、今年(注：平成十二年)の一〇月六日に汚泥再生処理センターに対しまして、今までのし尿処理施設の構造指針に代わって、性能指針が通知されました。これについても後程簡単に触れさせていただきます。

先程最初の方で申しましたけれども、し尿処理方式は一〇年ごとで区切られる、その具体的な現れがこの図(注：図2参照)です。縦軸は年度ごとでの新しく造ったあるいは更新したし尿処理施設の事業量をキロリットル／日で示しております。横軸は昭和二九年度からの年度です。

薄い色で示していますのが嫌気性消化処理方式です(注：図2の凡例参照)。最初に始まった処理方式の事業量がこういう形で推移していま

す。これを約十年後に追い掛けるようにしてある程度の量が出てきておりますのが好気性消化を使った処理方式(注：図2では酸化処理方式としている)です。一部化学処理方式もありますけれども、これは廃れてきて昭和四二年度からはなくなっています。

その後には湿式酸化が出ておりますが、メインとしましては嫌気性消化処理方式、好気性消化処理方式、その後で始まった標準脱窒素処理方式で、これら処理方式の変化が見て取れます。

また、標準脱窒素処理方式を追い掛けるようにして増えていきますのが高負荷脱窒素処理方式で、MLSS濃度を高くしてコンパクト化するというような方式です。これは先程言いましたように固液分離の観点から非常に難しいところもあります。膜分離を導入した方式が出てきました。膜分離は今かなり主流になっておりますけれども、こういう形で十年ごとに新しい技術が開発さ

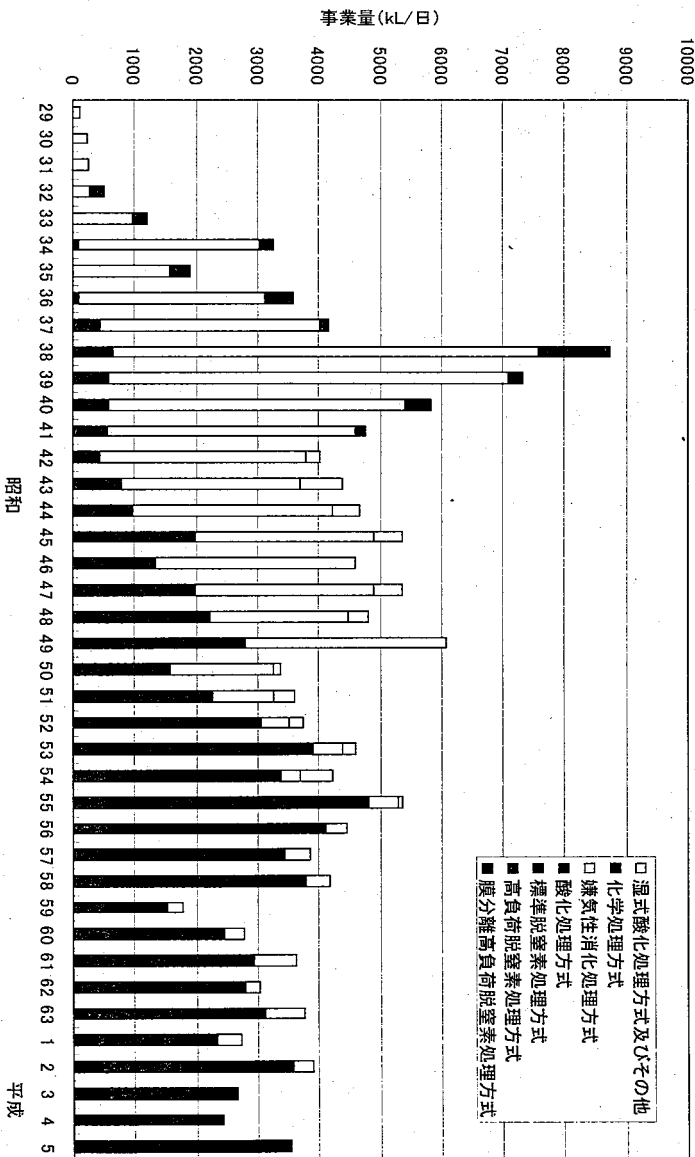


図2 し尿処理施設の事業量の推移と処理方式の変遷 (文献3、4の図より作成)

れてきました。

ご承知のように、し尿処理施設は一番大きなものでもせいぜい二〇〇キロリットル／日とか三〇〇キロリットル／日というレベルの施設です。小さいものと一〇〇キロリットル／日とか数十キロリットル／日あるいはもつと小さなものですので、下水道の終末処理場などと違いまして新しい技術をかなり適用しやすいということがあります。

それと、下水道でのことは詳しく知りませんが、それでも、厚生省がやってきましたし尿の補助金の交付の仕方、技術への対応が関係して、十年ごとに新たな技術が生まれてきたものと思います。

代表的なし尿処理方式

先程は具体的な技術の内容を紹介せずに方式だけを述べましたので、お分かりにくいところがあったかと思えますけれども、代表的なし尿処理施設の方式の構造といえますか、フローをここで

示します。

(1) 処理フロー

最初の嫌気性消化処理方式は、始めに嫌気性消化処理しまして、その後消化脱離液を活性汚泥法で処理して沈殿・固液分離し消毒して流す、消化汚泥とか余剰汚泥は汚泥処理をする、というある程度シンプルな形でした（注：図3参照）。

（図3～7は文献5、6より作成）

好気性消化処理方式は、嫌気性消化の代わりに好気性消化を用いており、一度固液分離して、さらに活性汚泥法処理を行って固液分離・消毒という形になっております（注：図4参照）。

標準脱窒素処理方式は、まず硝化及び脱窒素のための槽を設けまして、一段では不十分だということと二段目も設けて沈殿して消毒で流すという形の処理になっております（注：図5参照）。

さらに、高負荷脱窒素処理方式になりますと、硝化・脱窒素を行った後に固液分離をしまして、

嫌気性消化処理方式

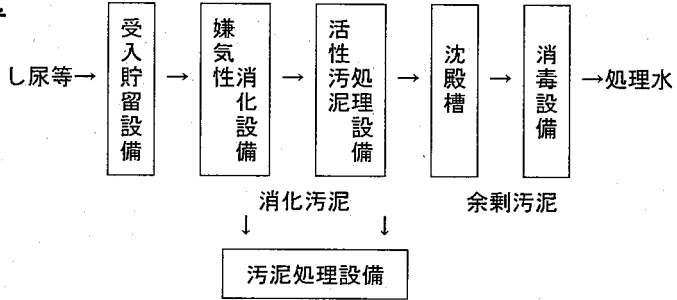


図3 嫌気性消化処理方式のフロー

好気性消化処理方式

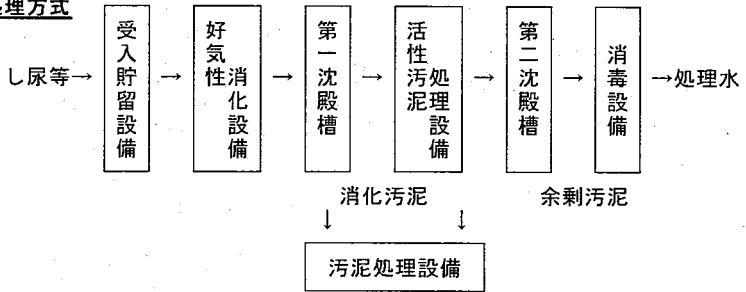


図4 好気性消化処理方式のフロー

標準脱窒素処理方式

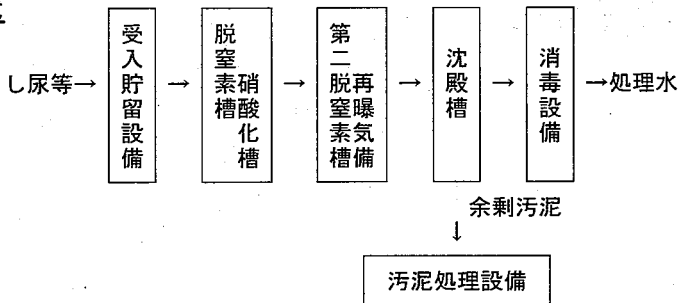


図5 標準脱窒素処理方式のフロー

高負荷脱窒素処理方式

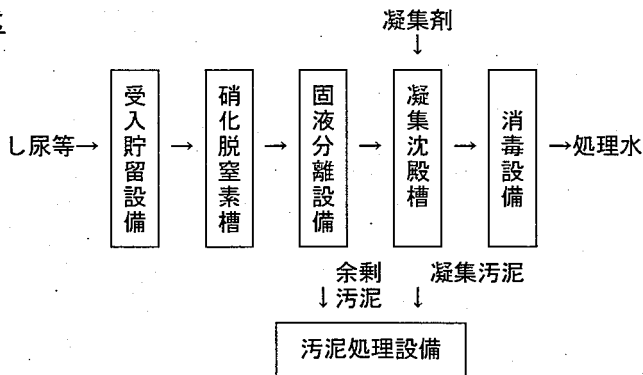


図6 高負荷脱窒素処理方式のフロー

固液分離が十分でない部分に対して凝集を行い、固液分離の機能をさらに向上させて処理をするという形になっております（注：図6参照）。

固液分離の所に限外ろ過膜あるいは精密ろ過膜を入れたものとして、膜分離高負荷生物脱窒素処理方式がござります。これにはいくつかの方式があるのですけれども、典型的に使われているものとして膜分離高負荷生物脱窒素施設「その1」方式を示しております（注：図7参照）。

まず受け入れた後に硝化・脱窒素さらに二次的な硝化・脱窒素を行いまして、生物処理をした後の固液分離に限外ろ過膜を使っている。さらに限外ろ過膜の所で、SSとかBODのほとんどの部分は除去できますけれども、その後に凝集剤を入れます。CODとか色度とかの残余した物を取り除きます。凝集させた後につきましても固液分離に膜を使う方法を使っています。最後に、色度とかCODをさらに取るということで活性炭を

膜分離高負荷生物脱窒素施設「その1」方式

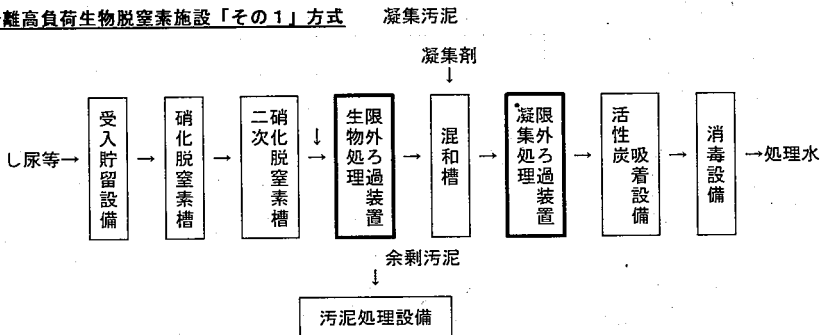


図7 膜分離高負荷脱窒素処理方式のフロー

使っております。

この方式ですとプロセス用水としましたいくらかの水が加わりますけれどもほとんど無希釈で、先程示したようなし尿あるいは浄化槽汚泥に對しまして、BODおよびCODは一〇ミリグラム/L以下、窒素も一〇ミリグラム/L以下、色度で三〇度以下、リンで一ミリグラム/L以下という処理が十分かなえられます。

(2) 処理性能

処理性能についてご紹介します。これは（注：表2参照）、膜分離技術が入る以前の段階の処理方式における処理水質を示していますけれども、約二八〇施設でのデータを基にしております。項目によってデータ数が違いますけれども、平均値で見ますと、SSで一ミリグラム/L、BODで九ミリグラム/L、CODで二六ミリグラム/L、T・Nで四四ミリグラム/L、T・Pで一ミリグラム/L、大腸菌群数で六六個/ミリリットルです。これはもちろん脱窒素機能を入れてい

ない施設とか、あるいは凝集を十分していない施設のデータが入っておりますし、色々な処理方式のデータが入っておりますけれども、かなり良好な水質を出していると言えるかと思えます。

それに対しまして、この表（注：表3参照）は窒素を除去する高度処理型の施設、すなわち標準脱窒素処理方式、高負荷脱窒素処理方式、それから膜分離高負荷脱窒素処理方式のそれぞれにつきまして色々なデータの平均値で示しております。最終的に活性炭処理した後の放流水で見ますと、BODが二ミリグラム/Lとか三ミリグラム/Lというレベルの濃度になっております。CODで約一〇ミリグラム/Lになっております。SSになりますと膜分離の場合は基本的にゼロになるはずですが、後の汚染があるからかもしれませんけれども、これも二ミリグラム/Lとか三ミリグラム/Lのレベルの濃度になっております。T・Nが約一〇ミリグラム/Lあるいは

それ以下ということですが。T・Pが1ミリグラム/L以下、色度についてみれば10幾つという濃度ですので、見た目では水道水と変わらないような処理水が出されております。

表2 し尿処理施設の処理水質⁷⁾

項目	施設数	最小値	平均値	最大値
SS mg/L	209	0	11	170
BOD mg/L	213	0	9	66
COD mg/L	223	0	26	165
全窒素 mg/L	103	0	43.5	747
全リン mg/L	83	0	10.6	380
大腸菌群数 個/cm ³	183	0	66	4,000

表3 し尿処理施設の工程処理水質 (平均値)⁸⁾

対象水		BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	色度 (度)
標準脱窒素	主処理	21	82	50	22	26	506
	凝集分離	3	27	9	12	1.4	106
	活性炭吸着	2	10	2	5	1	12
高脱窒素 高負荷	凝集分離	7.0	86	14	24	0.82	190
	放流	3.3	10	3.4	11	0.39	12
膜分離高脱窒素 高負荷	主処理	6.5	150	≤2.5	35	45	858
	凝集分離	2.2	49	≤2.8	24	0.4	120
	放流	≤1.7	9.3	≤1.6	8.9	0.4	≤7.7

注) 標準脱窒素処理方式 : 平均希釈倍率は11.5倍。
 高負荷脱窒素処理方式 : 高度処理設備に砂ろ過設備、活性炭吸着処理設備を有している24施設を対象。平均希釈倍率は2.5倍。
 膜分離高負荷脱窒素処理方式 : 生物膜、凝集膜及び活性炭吸着設備を有する18施設を対象。平均希釈倍率は1.43倍。

先程言いましたように、標準脱窒素処理方式では、実はプロセス用水も含めまして平均で一・五倍の希釈水を工程の中で用いています。高負荷脱窒素処理方式の場合ですと二・五倍の希釈率を持っておりまして、膜分離高負荷脱窒素処理方式になりますとこれが非常に小さくなりまして、一・四三倍の平均的な希釈率となっております。

この三つの処理方式は濃度的にはほとんど変わらないことになっておりますけれども、実際は希釈率が違いますので、負荷量として見ればかなり変わるようになります。これは(注・図8参照)、膜分離高負荷脱窒素処理方式の各項目の負荷量を一とした場合に、標準脱窒素処理方式、それから高負荷脱窒素処理方式の負荷量がどうなっているかということを表しております。黒が一とした膜分離高負荷脱窒素処理方式での負荷ですけれども、希釈倍率の違いが大きく影響しまして、環境に与える影響としては大きな差が出てきて

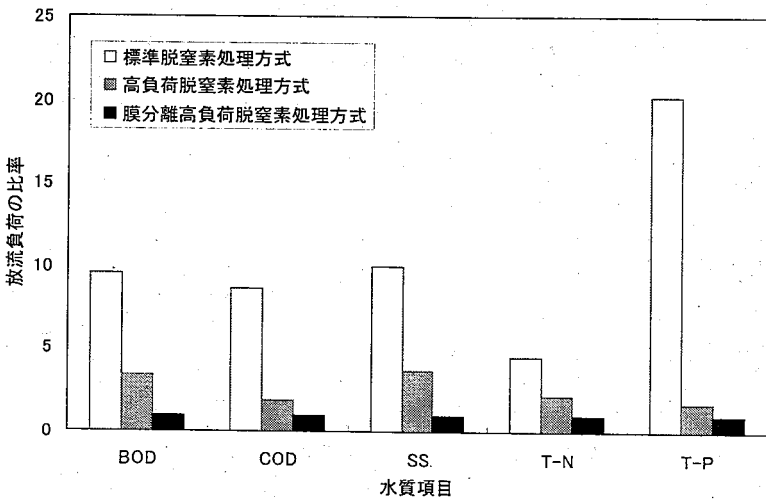


図8 標準、高負荷、膜分離高負荷の3脱窒素処理方式における放流負荷量の比較

いることが分かります。左から右への順に技術的な革新があつたわけですが、その分だけ負荷を低下させていることが分かります。

ちなみに維持管理費ですけれども、全部高度処理を付けていると思いますが、嫌気性消化処理方式がキロリットル当たり約一、〇〇〇円であるのに対して、好気性消化処理方式が一、五〇〇円、標準脱窒素処理方式が二、三〇〇円、高負荷脱窒素処理方式が二、八〇〇円、膜分離高負荷脱窒素処理方式が二、六〇〇円位に変わる。下水のBOD二〇〇ミリグラム/LからするとBOD濃度が五十倍高いわけですから、その辺を勘案していただくとな下水の場合と比べることができるかと思えます。

(3) 浄化槽汚泥への対応

何度も申しますけれども、こういう形でし尿処理技術が十年単位で変化・向上してきたわけです。それでは問題がないかという点、色々な問題がございます。いちいち説明はしませんけれど

も、今日はその中で「収集物の性状の変化」ということで、浄化槽汚泥が増えてきた点と、し尿処理施設で新たな役割として期待されており、対象物の拡大および処理のみならず資源化という点について触れさせていただきます。

浄化槽汚泥の増加に対してはもちろん色々な形での対応があるので、一つとしましては浄化槽汚泥対応型のし尿処理方式の開発が挙げられます。これはご案内のように、浄化槽汚泥はある種の汚泥ですので、生のし尿とは違う性状があることによつています。

具体的には、前処理をレベルアップしまして、前処理の段階でSS分を取り除いてやろうというものです。色々な方式があるので、この方式（注：図9参照）の場合は、SSを取るときに凝集剤を使うことで併せてリンも取つてしまおうということで、前処理の段階にそういう機能を持たせている。それで、残ったBODにつ

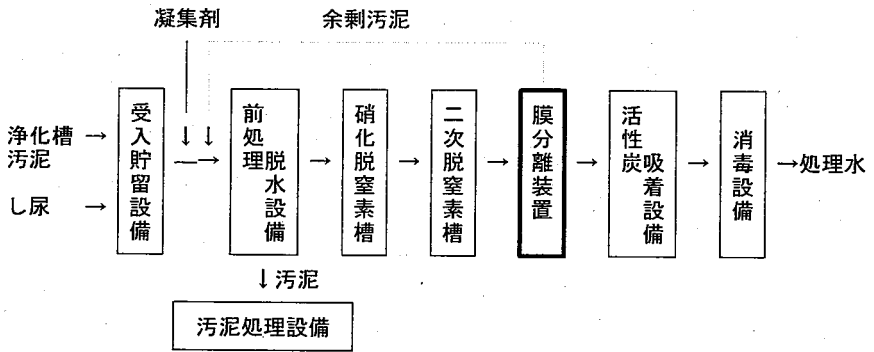


図9 前処理脱水・脱リンを適用した技術のフロー
(文献9より作成)

いて除去を行い窒素について硝化・脱窒素を行ってやろうという方式になっております。

これもかなり高負荷でやりますので、最後の固液分離では膜分離を活用しています。最終的には活性炭でCODとか色度を取ろうということになります。

実証試験の結果ですけれども、流入水については、浄化槽汚泥(九〇%)とし尿(一〇%)を混合した時にはBODで約四、〇〇〇ミリグラム/L、窒素で七〇〇ミリグラム/L、リンで一二〇ミリグラム/Lぐらいという水質になっております。最後の凝集沈殿した後でさらに生物処理した後の生物処理水で言いますと、BODで二ミリグラム/L、CODで二二ミリグラム/L、T・Nで九ミリグラム/L、T・Pで〇・一ミリグラム/Lぐらいにまで浄化されております。

それを最終的に活性炭で処理してやりますと、BODで〇・五ミリグラム/L以下、CODも

○・五ミリグラム/L以下、窒素では一・一ミリグラム/Lぐらい、色度につきましては二・二度以下という処理水ができていたということ、見た目は完全に水道水と同じ色合いのものが出来ております。

他の方式もいくつかございますけれども、それらの方式につきましても最終的に活性炭で処理をしてやりますと、BODとCODはともに五ミリグラム/L以下、SSとT・Nも五ミリグラム/Lか六ミリグラム/L、T・Pは○・一ミリグラム/Lという処理水が出るという状況です。

こういう非常に高度な技術をし尿以外の処理に苦慮している高濃度の有機性廃棄物にどういう形で適用できるかという問題もありますけれども、もう一つ、最初に申しましたし尿の持っている資源的な物をどういうふうに戻すかという課題があるかと思えます。

汚泥再生処理センターと資源回収について

(1) 汚泥再生処理センター

先程、厚生省の国立公衆衛生院と廃棄物研究財団での官民共同研究というお話をしましたけれども、実は今年で第五期が終わります。三年単位で十五年間やってきております。その第三期あるいは第四期目ぐらいのところ、先程言いましたように水の処理としてのし尿処理技術はほぼできてきたという認識で、それ以外のものとして、特に資源の回収をどう考えようかという問題が出され、それについて研究をやってきております。それと前後するといいますが、それをやっていた時に、実は厚生省のし尿処理の考え方にきましても新たな展開があり、さつきもお話ししましたように、国庫補助の対象からし尿処理施設がはずれて汚泥再生処理センターになりました。これは、何度も申しましたけれども、入口がし尿と浄化槽汚泥だったものに対して、生ごみ

とか各種ペットの糞尿とか飲食店等の残飯というものまでも入れるような形にしようということになっております(注：図10参照)。そして、液状のものについては従前の水処理で処理していく。そこで出てきます汚泥とか新たに対象とした有機性廃棄物を合わせてメタン発酵する。し尿処理の技術の最初が嫌気性消化であつたとお話ししましたけれども、再び嫌気性処理を取り入れてメタンガスを回収して燃料とか発電に使うということですよ。さらに、こういう所でできた汚泥や脱水したごみ、あるいは廃液を対象として、リンを回収したり炭化物を回収したり、あるいは高品質のコンポストにしようという形の機能を目指そうというふうに変わつてきております。

なお、新たに嫌気性消化を採り入れようとした背景には、ヨーロッパとかアメリカで生ごみあるいは剪定した枝とか葉とかに対しまして嫌気性消化をしてメタンガスを回収しようという技術

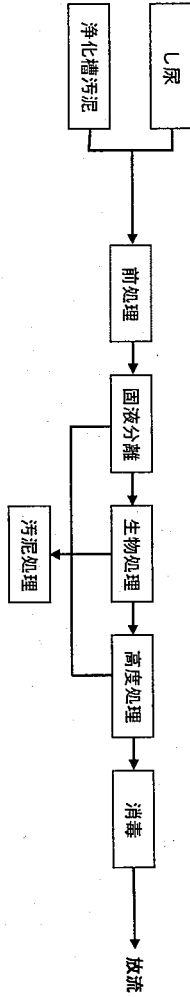
が開発されてきているということがありました。それには色々な方式があるようですけれども、固形物濃度が一〇%ぐらいのものから場合によれば二〇%から三〇%のものまであります。二〇%から三〇%といえますと、もう生ごみをそのまま嫌気性消化する技術になります。

そういう技術が色々な所でできてきたということ、その技術を新たに導入しまして、従前の数%以下というような固形物濃度に対する嫌気性消化ではなしに、高い固形物濃度に対する嫌気性消化ということになってきております。

平成九年度の補助から一部始まつて一〇年度から本格化したとお話ししましたがけれども、今年度になりました四基の施設が動き始めております。ただ、生ごみをどう集めるかというのが現在の課題になっているようです。

従前のような生ごみは焼却処理するという形で流れてきたところに対しまして、片方で容器

a) し尿処理施設 (浄化槽汚泥対応型)



b) 汚泥再生処理センター

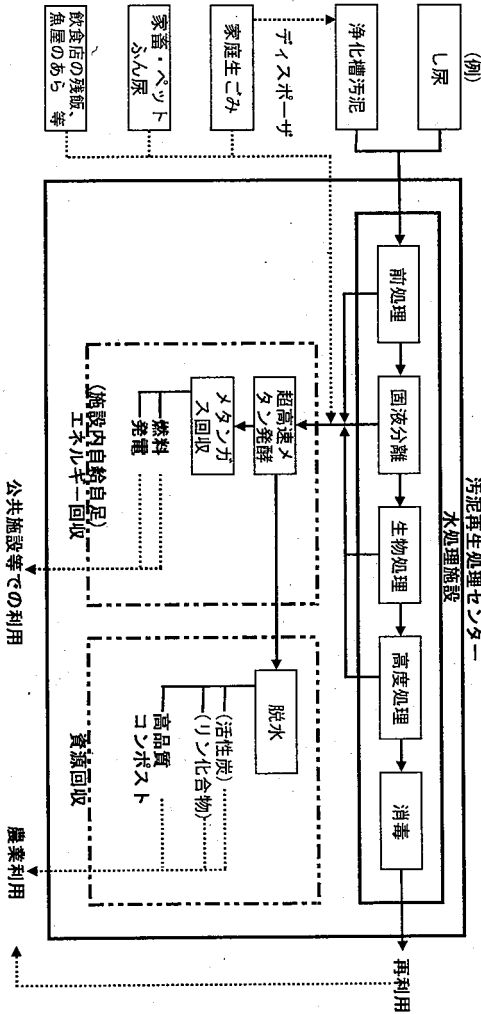


図 10 し尿処理施設と比較した汚泥再生処理センターのイメージ図

包装リサイクル法ということで紙とかペットボトルとかをゴミから取り除きましようという流れがあるわけです。その中で取り残された生ごみに対して何らかの対応をしなければいけないということですから、実際問題としてこれを導入されておられる自治体では、例えば生ごみの収集体制とか処理体制がまだほとんどできていない状況ですので、生ごみを集めるのに非常に苦労しておられます。現実的には、レストランとかホテルとかの事業系の生ごみを集めて対応しておられるということがありますけれども、最終的あるいは本来的には各家庭からの生ごみをどうするかが一つの課題であるわけです。

いずれにしても、ただ単に水を衛生処理する観点から新たな方向に移ってきたというのが現在の状況になります。これにつきましては、先程言いましたように、国庫補助事業の中の汚泥

再生処理センターにつきまして、従前のような構造基準ではなくて性能基準になっていますので、これについて若干ふれます。

(2) 汚泥再生処理センターの性能指針

まず水処理設備と資源化設備が必要になるということですが、水処理設備の処理能力としましては、非常に簡単な形で「計画した質及び量の水処理設備処理対象物を計画する水質に処理する能力を有すること」というだけになっております。処理水質の目標としましては、BODが一〇ミリグラム/L以下、CODが三五ミリグラム/L以下、SSが二〇ミリグラム/L以下、T-Nが二〇ミリグラム/L以下、T-Pが一ミリグラム/L以下となっております。これは、先程言いましたような水質レベルから言うとき非常に甘いというか緩やかな感じがしますけれども、国庫補助の対象としてはここまですればいいということです。それから、安定稼働として「一年間連続運転可能であること」というのがあります。

これだけが新しい施設の性能指針という形になっております。もちろん、それに対する確認方法がありますけれども、今日は省略させていただきます。

資源化につきましては、「計画した資源化対象物を計画上の性状に資源化する能力を有する」とということになっております。性能としまして、メタンガスを回収するものについてはガス中のメタン濃度が五〇%以上あることというふうになっております。その他の資源化というのは、まだ多くが現実的に世の中にそんなに行われていないのに行政的に一定の指針を作ろうということですので、あまり細かい規定はできない。そこで、例えば堆肥化とか炭化とか乾燥ということがあると思いますが、それらにつきましては「それぞれの計画する用途における基準等の要求される仕様を満足させる性状である」ということで、実際それぞれの用途で要求される性状というのは利用するサイドから出てきたものを利用し

ようということになっております。

前後しますけれども、汚泥再生処理センターの定義は、「し尿、浄化槽汚泥及び生ごみ等の有機性廃棄物を併せて処理するとともに、資源を回収する施設をいい、水処理設備、資源化設備及び脱臭設備等の附属設備で構成される」となっています。生ごみ等の有機性廃棄物につきましては、生ごみとコミュニティ・プラント、あるいは農業集落排水施設、あるいは下水道等から出される汚泥などの資源化可能な有機性廃棄物という形になっております。

ただし、現実にこれだけの性能指針で施設を作るのは非常に能力を持たれた地方自治体ではできる話ですけれども、その他の自治体においては非常に難しい問題があります。現在、この性能指針をベースにしました解説書、従前の構造指針の解説書に近いようなものになるかと思っておりますけれども、その作成の作業が始まっておりまして、

それができましたらより具体的にご理解いただけるかと思っております。

まとめ

そういうことで、非常に駆け足でお話ししてきたのですが、最後に今までお話ししたことをもとめておきます。

衛生処理という形から始まったし尿処理が、社会的環境の変化あるいは社会からの要請の変化に対処してきた。具体的には、処理水質の高度化であるとか、コンパクト化であるとか、あるいは浄化槽汚泥への対応ということになっております。

これはお話ししませんでしたけれども、課題としましては、新しい技術的なブレイクスルーが必要だということで、塩類への対応とか消毒の見直しとかがあります。それから、現実的な課題として、できるだけ無人化するとか流入性状を均質化するということもあります。さらには、施設の老

朽化にどう対応するかということもあると思います。

こういう問題はし尿処理施設の問題としてあるわけですが、別な問題としまして、下水道とか合併処理浄化槽あるいは農業集落排水施設等の拡大の中で収集し尿等の減少があります。あるいは、処理対象物の変化がさらに起こってくるだろうということがあります。また、廃棄物の資源化が固形廃棄物の方では従前から言われておりますけれども、液状廃棄物においてもこれが資源化される必要があります。さらには、かなり高度な処理ができるような技術ができておりますけれども、そのし尿処理技術を他の所にも転用できないかという問題もあります。

そういう中で、多様な有機性廃棄物を受け入れ、なおかつし尿や生ごみ等が持っております炭素とか窒素とかリンあるいはエネルギーという資源を積極的に回収しようという要求に対する

対応として、汚泥再生処理センターがあるということになります。

今どちらかという衛生処理というよりもそちらの方に目が向いているようですね、ただ最初にやはり衛生処理ということがありますので、これはいつまでたつてもキーポイントとして残していかなければいけない課題だと思っております。

一時間ちよつとの時間でお話しするつもりで、かなり駆け足だったので、時間がなくなつてしまいました。とりあえずざつと走りましたのでお分かりいただきにくかつたと思ひますけれども、終わりにさせていただきます。どうもありがとうございます。

司会 どうもありがとうございます。まだ時間がありますので、何か質問をされたい方どうぞ。

質問 一番初めのスタートの所で話が出ていた

のですが、外国ではし尿処理技術というような観点での動きはほとんどないというようなお話だつたと思うのですが、ちよつとその辺を詳しくお願いします。

河村 といいますか、基本的に先進諸外国でなされている方式というのは恐らく下水道です。それ以外では、あるいはセプティックタンク、あるいはピットラトラウリンという穴を掘つた便所が使われています。そういう所からし尿に類するようなものが出てくるが、特別な処理はしてない。なおかつ、生し尿に対して日本のような形で処理しているというのは、私はほとんど見たことがありません。

質問 諸外国で下水道等が普及しなくても、いわゆるコミュニティ・プラントですか、昔の団地のコミュニティ・プラントのような格好で対応しているのか。どうなのですか。くみ取りし尿みたくないかっこうの物を集めて処理に掛けるというシ

ステムがあまり外国では行われていないのですね。

河村 中国・韓国などではありません。例えば中国なんかでは、し尿を集めてきて大きな貯留槽に入れて、そこからまた運んでいって農業利用するとかというのがありますけれども、恐らくこの地域（注：中国、韓国、日本など）の中だけのことだと思います。あとの場合は、さつき言いましたように、例えばタイとかインドネシアなんかではたぐさんあるのですけれども、簡易な水洗トイレ、ポアフラッシュという形でやまして、そのあと底なしのコンクリートリングを重ねた槽に入れて地下浸透させます。あるいは、いわゆるセプティックタンクで処理したものを地下浸透させて、たまたまスラッジを抜くということがなされているとかです。極端な場合には、生活排水全部を溜めて、それをバキュームカーで下水処理場へ持つていくというケースもあります。

そういう意味で、さらに川で排便をする場合もありますし海でする場合もありますし、色々な形があると思いますけれども、汲み取ってきたものをこういうきちんとした形で処理するというのは、恐らく日本だけではないか。それを韓国ではまねしておられるとか利用しておられるとか、そういうことはあるかと思えます。

ただ、セプティックタンクのスラッジ処理をするというのは、一部ではもちろんなされています。

質問 私も東京都の清掃局の清掃研究所で屎尿関係のことをやっていたのですけれども、最近になって考え始めたことですけれども、し尿というのは毒と違って生理的な排泄物なんです。東京都やなんかでは廃棄物としてはごみと一緒にしてひとくくりにしてしまうわけです。それで、今、先生が色々新しい研究・開発でし尿処理の目標を掲げたのですけれども、当初は嫌気性消化と

か、メタンガスを排出すると言われますが、そういった方法、素朴で単純なやり方というのをもう少し別の面から検討するという考えはございませうか。というのは、実は海洋投棄の問題を含めまして、やはり廃棄物というものは自然に還元するべきものではないか。あまり完璧的な処理でなくともっと単純な方法でもう少し考える余地があるのではないかとということです。その辺をお聞きかせ願えればと思います。

河村 今言われる単純な方法ではないですけれども、先程の生ごみ等とし尿処理汚泥を、例えば嫌気性消化でメタン発酵するということで言うと、ある種の里帰りかとは思っているのです。ただ、実際問題として、では今言われる水処理としてのし尿処理の部分を単純にやっているかというところ、そこはかなり高度なことをやっている。言われるように、し尿あるいは浄化槽汚泥だけを非常にシンプルな方法で処理していくかというこ

とについては、ごく一部では液体肥料みたいな形にするとかということはあるようですね。でも、一般論としては、それは許容されないような状況になっているのではないかと気がします。

特に、昔のし尿の処理をやってきた方が言われるのは、嫌気性消化で大きな問題が硫化水素である。糞便中には硫黄が多いということで、その辺のところは好気性処理に向けて一つの引き金になったというふうな感じもしています。

質問 教えていただきたいのですが、一つは、し尿の色々な有害化学物質についてです。その辺りではどういう調査とかどういふ状況になっているのかそのことを教えていただきたいのですが。というのは、例えば食品添加物にしてもたくさんし尿中に入っているわけです。あるいは医薬品。そういったものが大部分、多分小便の方ですが、そういったものは相当部分が尿の方にかなり出ているのではなかったとしますと、いろんな

有害化学物質が人間の体内に入った限りすべてし尿に含まれて排泄されます。ですから、例えば環境ホルモン物質の相当部分もし尿由来で大部分検出されています。従って、単純に有効利用するということが適当かどうかという、このところがよく分からないのです。

それからもう一つ、それでは下水道に入れて処理できるのかというか、あるいはし尿処理と下水道処理のどちらの方が状況に有効なのだろう。僕は個人的には、実はもう今はし尿を下水道からはずすべきだというぐらいの気持ちになっているのです。その辺り、欧米でもかなりし尿の有害性といえますか化学的な問題を含め最近いろんな議論があるようにも聞いたりもするのですが、その辺りの動向を。

河村 申し訳ないのですけれども、日本でし尿処理サイドでいろんなことをやっている方は、その辺のところは一切やっています。データはない

です。食品とかあるいは人の健康の問題とかやられる方はひよっとしたらそういうものも一部測っておられるかもしれないけれども、し尿処理という観点からの人はそういうのは一切やっています。

質問 し尿の処理の有害性に関しておたずねします。

河村 それも、私が聞いている情報の中では一切ないです。情報として入ってこないです。言われるように、当然最終廃棄物であるし尿の中にはいろんなものが入っている可能性というのは十分あると思います。

質問 そうすると、河村さんの個人的なお考えとして、どうか僕の個人的な考えとしては、下水道では希釈されてしまうものを無理をして処理してしまふ。ですから、し尿処理に限定すれば、総量負荷の削減がもつと有効に行われているはずですから、し尿処理だけに限定する方が何倍も

有効だと思ふのです。それは僕の個人的な意見ですけれど、この辺りをどういうふうに考えておられますか。

河村 逆に、生活雑排水にそういう物質がないかという点、それはまたそれと同じぐらいの意味であるのではないかと思ひます。つまり、我々が食べるということからし尿という形でもちろん来ますけれども、それ以外の問題となるような物質を使つてゐると思ふのです。それは生活雑排水の方に入つてきますよね。

そうしますと、し尿を取り除いた下水の中で全くそういう物質がなくなるかという点、具体的には分かりませんが、かなりあるかと思ふのです。そうすると、し尿を取り除いてやるということが仮に一つの方法だとしても、残りのあと一人当たり約二〇〇リットルから二百数十リットルある水からそれを取り除くということも同時にやらなければいけないことになりまふ。

質問 その辺りは検討されてゐるのでしょうか。

河村 いや、私自身は検討していません。

質問 し尿処理関係者は検討してゐるのですか。

河村 してゐないと思ひます。

質問 これは僕の要望ですけれども、し尿処理の部門の人はし尿だけ、下水道の人は下水道だけで考えますと、その辺りの中間業者といひますか、全体的な把握ですね、それとそれに基づいたし尿処理のあるべき姿とか下水道の姿が描けませんので。

河村 ただ、そういうことを言ひ出すと、社会システムとしても少し上流もやはり言ひなければいけないと思ひます。つまり、後の処理をどうするかとか、システムをどうするかという以前に、ごみの場合も同じだと思ふのですけれども、もっと全体の上流から言ひない限り無理だと思ひます。

質問 もう一つの質問ですけれども、現行の下水道法で見れば、いずれ何年か先には日本全国が水洗

便所になってしまふ。それで果たしていいのかどうかというのを僕はすごく悩んでいるわけです。むしろそれは非常に好ましいことではないのではないか。その辺りについて河村さんは、例えば十年前先、現行下水道法でいけば、それから下水道法以外にも合併式浄化槽を含めてでもいいかもしれませんが、そういうものを含めれば日本中が水洗便所になるといふような将来像が我々の環境問題からいつたときに理想像だと思われませんか。

河村 それは非常に難しい問題だと思ひます。汲み取り便所を想定して言つておられるのではないと思ひますが、汲み取りと水洗を比べた場合どちらを好みますかと言われた場合、やはり私自身としては水洗を好みますと言わざるを得ない部分があります。

ただ、新しくいろんな形のし尿処理の体系といふか各家庭レベルでし尿の収集とか処理体制と

いふのが変わるならば別なことがあり得るかも知れませんが、我々の現在の思考からいふと、水洗化ということになると思ひます。水洗便所でも臭いが問題だから糞便から臭いを消そうとかいふことまでもやっている、こういう状況がある以上、やはり水洗便所というのはあると思われまふ。

ただし、水洗便所にしても、先程言ひましたインドネシアやタイでやつてゐる形で、2~3リの水で流し込むようなやつもあります。また、日本でも簡易水洗とかいふような形で少量の水を使つてやるようなものも今できていますので、そういう水の量から言つともつといふような改革的なものはありませんかと思ひます。

質問 単なる快適性の議論の問題だと思ひます。でも、それは環境を食いつぶしているわけです。

河村 ただ、それをどういふ形で食いつぶしているかといふのを具体的に定量的なものとして見たことはあまりないので。

質問 だから調べてほしいという要望をしているのです。それから、し尿処理関係者がし尿の有害性について有害物質についてだれも調べていないというのは、非常に由々しき問題ですよね。

河村 まあ、そうかもしれません。

質問 かもではなくて絶対そうです。し尿自身が、だれが考えても常識的に、あらゆる食品添加物もあらゆる薬品もすべて含んでいる存在である以上、それを調べない限りの確なし尿処理の技術も開発されないし、同時に下水道との関係も的確にやらないで環境の悪化を防止できるのですか。

河村 だから先程申しましたように、ごみにしても、要するに我々が今排出しているものはかなりの部分というのは上流側に問題があると思うのです。

質問 上流側というのは他の部分がやるのだというのでは困るということですか。

河村 それはご意見としては分かりますけれども、私自身がそれをやるかどうかは別の問題であつて、先生がやられたらそれでいいわけです。一般論として言われることは分かっているとしても、個人論とはまた違うということです。

質問 なるほど。それからもう一つ、公衆衛生院の廃棄物工学部が一月六日(平成一二年)から環境研究所に行くのですね。

河村 そうです。私自身はもう既に公衆衛生院の間ではありませんが、公衆衛生院の廃棄物工学部は、今言われるように省庁再編で廃棄物部門が環境省に移りますので異動します。

具体的に言うと、国立環境研究所、これも4月から独立行政法人になりますけれども、3月末までは国の研究機関で、1月の日付で廃棄物工学部はそちらに移管されます。移管された後、拡充されます。環境省ができる一つの大きな要因は廃棄物行政を持つということですから、それに合わせて

研究機関のほうも拡充することになっていきます。

質問 この問題はすごく重要だと思うのです、環境問題を考えれば。

河村 ただ、私自身、非常に今言われたことは重要だと思うのですけれども、おられない時に少し関連するお話しをしたのですが、2億の人達のし尿あるいは生活排水のことも我々は考えなければいけない。何ができるかすぐには分かりませんが、2億の人達についても、恐らく世界中で下水道を使っている人は2億人もいないと思うのです。あと2億の人のことを無視して下水道ばかり進めるとかというのはやはり問題だという感じはします。同じように、社会全体で成立することについても考えないといけないと思います。

司会 今の議論の中で、もっと上流も考えなければいけないということを言われているわけで、やはり今何でもリサイクルするのがいいことであ

るみたいになっているのですけれども、今の状態でリサイクルするということは、まして農業利用するということは、もう一つ言えば今のよう日本がまだ肥料として使えないということでも果たしてそんなに利用する場があるのかということもあります。

それから、そういう有害物質があるのですから、それをぐるぐる回しになって、だんだん蓄積していく。そういうことを考えると、本当にやはりいろんなポイントで、今有害物質がどうなっているかということをいろんな研究に携わる方がやっていただきたいと思えます。

河村 だけどさっきの話で、私自身もしていませんが、日本でし尿について研究している人達はいないのではないかと思います。し尿の処理を研究している方はおられます。例えば、下水道なんかですといろんな国の機関、あるいはそれに付随する機関もありますし、地方自治体も色々持ってお

られます。し尿につきましては、メーカーがし尿処理施設をどうしようかというのがありますけれども、し尿を研究している方はまずいのではないかと思うのです。そういう意味で、非常に寒い限りです。

　　だけど、ここの下水文化研究会は、ある種そういうことも想定しておられる会だと思っております。そういう意味では、こういう会が文化の一つとしてそういうことをされる必要があるのかなという気がしますが、それ以上は何ともちよつと・・・。

質問　先程、質問の中で尿にかなり環境の汚染物質が入っているのではないかとおっしゃりましたけれど、尿の中には入っておりません。若干尿の方にはあると思いますけれども、尿の中にはそういういった金属類だとか汚染物質は一切ありません。出た瞬間には菌も正常で無菌です。

河村　ただ、環境ホルモンとか言われるような新

しい有機性の物質なんかというのは、腎臓で濾過しきれないことがないですか。

質問　それは、細胞だとか筋肉だとか体内脂肪の方にいきます。

河村　ただ、先ほど質問された方が言われているのは、かなり微量でもそういうのが出てこないかというお話だと思っております。

質問　現に、今おっしゃった疫学上の問題というのは、これは確かに極めてまず出ないというふうにも言うかもしれません。何々菌がどれくらいのことのことでしょう、多分、尿の中で。例えば下水処理水の中に既にエチニルエストラジオールというピルの主要成分、合成ホルモンですね、あれらも検出されている。そのデータはともかく出ているというわけです。だから先程質問させてもらったように、ではどんなものが出ていますかと。それがどの程度という質問で、それは調べた人がいないということだったわけです。恐らく下

水の部門でも差し迫って課題になつてきているものは調べていると思うのです、さつき言ったような合成ホルモンとか何かは。だけど、それ以外ものは多分調べていないでしょう。ほとんど調べていない、絶対調べていないと言つてもいいぐらいです。

司会 どうも、色々議論は尽きないと思うのですけれども、時間も来まして、この後も場を設けたと思いますので、定例研究会はこれで終わりにしたいと思います。

河村 どうもありがとうございます。

(平成二年二月二五日)

【参考文献】

- (1) 河村清史：し尿処理技術の動向、最近の水処理技術の動向講演資料集、(社)日本水環境学会、pp.50～66、一九九六
- (2) 篠原功、古賀博昭、弥永和由、豊福裕邦、中村昭彦：し尿処理施設の精密機能検査に見る運転実績の現状について、日本環境衛生セン

- (3) ター所報、第一九号、pp.56～59、一九九二
- (4) 日環工 三〇年のあゆみ、(社)日本環境衛生工業会、一九九二
- (5) 田中勝、河村清史、岩尾充：膜分離技術を用いた浄化槽汚泥対応型し尿処理システム、都市清掃、第四十七巻、第二〇二号、pp.25～31、一九九四
- (6) 厚生省水道環境部監修：し尿処理施設構造指針解説一九八八年版、全国都市清掃会議、一九八八
- (7) 処理技術委員会評価書 No.13、(社)全国都市清掃会議、一九九一
- (8) 厚生省への報告書、(財)日本環境衛生センター、一九九二
- (9) (財)日本環境衛生センター、(財)日本環境整備教育センター、(社)日本環境衛生工業会：し尿処理施設改良・改造に関する共同研究報告書、一九九六
- (10) 廃棄物処理技術評価 第一号、(財)廃棄物研究財団、平成六年九月二二日