

付録 - 5 礫間処理技術

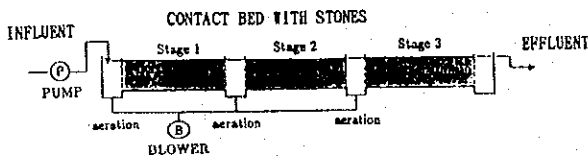
RIVER WATER TREATMENT SYSTEM USING A CONTACT AERATION PROCESS WITH STONE BEDS

by H. Sano, M. Koyama, Nippon Jagesuido Sekkei Co., Ltd.

In developing countries, drinking water intake points in urban areas are sometimes heavily polluted by domestic wastewater. In such cases, the system described in this article helps reduce pollutants using a relatively simple method. The system consists of aeration tanks and stone beds which look like horizontal roughing filters with large size stones instead of gravel. In the Furo River, Saitama Prefecture, this system is in use for treating polluted river water. Although this system is in its experimental stage, it can possibly be used in developing countries because of its easy operation and maintenance. For further details, contact INTEP or Nippon Jagesuido Sekkei Co. Ltd., 6-8, Tomihisa, Shinjuku-ku, Tokyo 162 Japan.

1. Description of the Demonstration Plant and Operating Conditions

The demonstration plant was constructed in Saitama Prefecture, which borders on northern Tokyo. Polluted water is taken directly into the plant from the Furo River, whose water quality is the worst in Japan. An outline of the plant is shown in Figure 1. The key point of this facility is that aeration is done before raw river water flows into the stone beds.



Contact bed	4m x 110m (30m+30m+40m) x H1.5m
Void volume of the bed	300m ³
Aeration tank	4m x 1.5m x H2m x 3

Fig. 1 Flow Diagram of Demonstration Plant

2. Performance of the System

2.1 Characteristics of BOD Removal

As a significant part of the river flow rate consists of domestic sewage, the BOD inflow pattern is almost the same as the human activity pattern through the day (Fig. 2). The BOD removal rate in this plant is considered to be stable because inflowing BOD and outgoing BOD are both fluctuating in a similar pattern during the day. The daily average BOD was 60 mg/l and 24 mg/l for influent and effluent, respectively, which gives an average BOD removal rate of 60%. The average SS removal rate was about 80%.

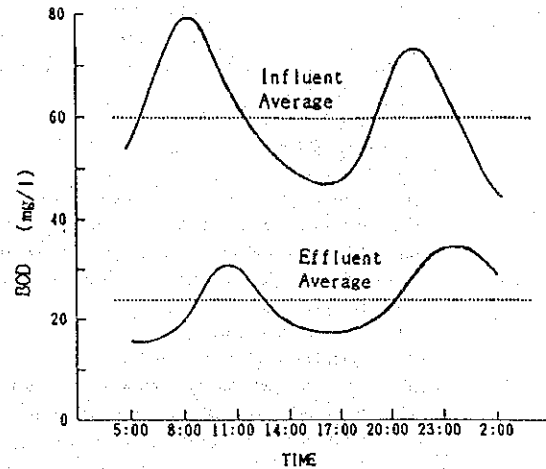


Fig. 2 Hourly Fluctuation of BOD in Influent and Effluent

Figure 3 shows the relationship between effluent BOD concentration and BOD volumetric loading. 40 mg/l of BOD in the effluent could be achieved with BOD volumetric loading of approximately 1.0 kg/m³ per day. The correlation between the BOD volumetric loading (x) and of BOD in the effluent (y) is given as; $y = 48x - 3.6$ ($r = 0.89$).

Recommended BOD volumetric loading under normal operation is 0.6 kg/m³ at 2 hours of detention time with stone diameters of 50 - 200 mm and void volume ratio of stone beds of 50%.

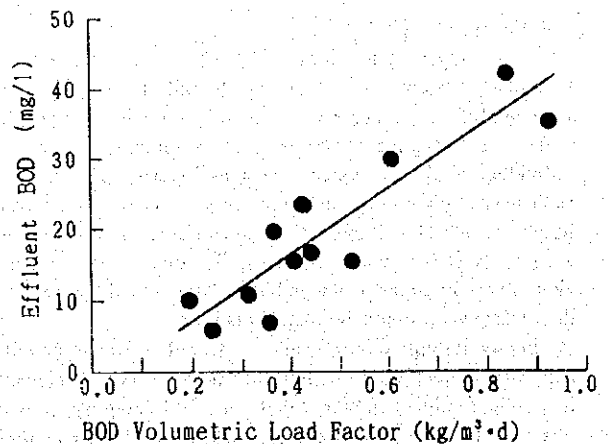


Fig. 3 BOD Volumetric Load Factor and BOD in Effluent

2.2 Changes in DO and BOD Removal in the Contact Aeration Stone Beds

Figure 4 shows that DO increased to almost the saturation level in the aeration tanks and then gradually decreased to almost zero after the water flowed down about 30 m along the contact aeration stone beds. Detention time of each aeration tank is 15 minutes and the ratio of supplied air to the inflow rate was 0.7.

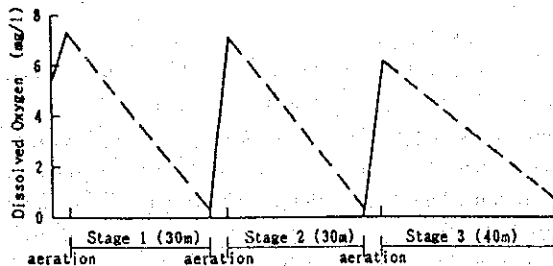


Fig. 4 Change of Dissolved Oxygen in the Facility

Figure 5 shows that BOD removal efficiency in the contact aeration stone beds was 10%, 30% and 20% in the 1st, 2nd and 3rd bed, respectively. Highest BOD removal occurred in the 2nd bed. The low BOD removal in the 1st bed was considered to be caused by the short-circuiting flow caused by clogging with sludge and subsequent DO shortage due to high BOD loading.

2.3 Frequency of Sludge Removal

Figure 6 shows that the BOD removal rates rapidly decreased when the facility was operated for about 50 days or more. This is caused by clogging in the contact aeration stone beds. Total BOD removal during this period was 13 kg per 1 m³ of void volume in the stone beds. Assuming a BOD volumetric loading of 0.5 kg/m³ per day and a BOD removal efficiency of 60% in the contact aeration stone beds, BOD is removed at a rate of 0.3 kg/m³ per

day, and the total number of days required to reach the total load above can be calculated as about 40 days. For this reason, it can be considered that, if safety is taken into consideration, the frequency of sludge removal from the contact aeration stone beds should be once a month. However, adjustment should be made if a much higher influent SS concentration is expected.

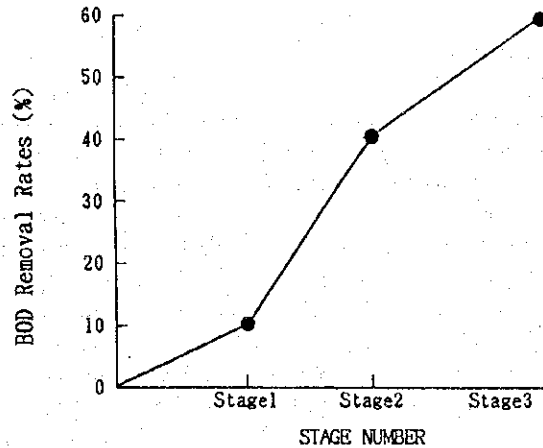


Fig. 5 Change of BOD Removal in the Facility

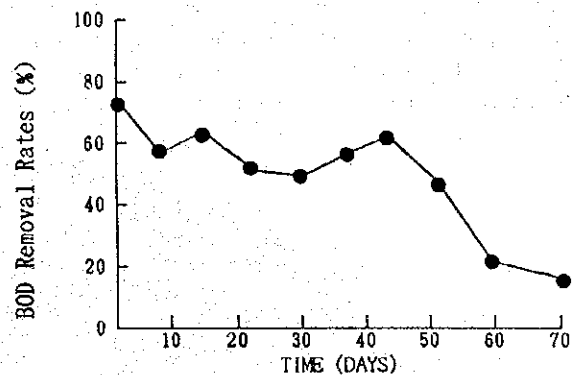
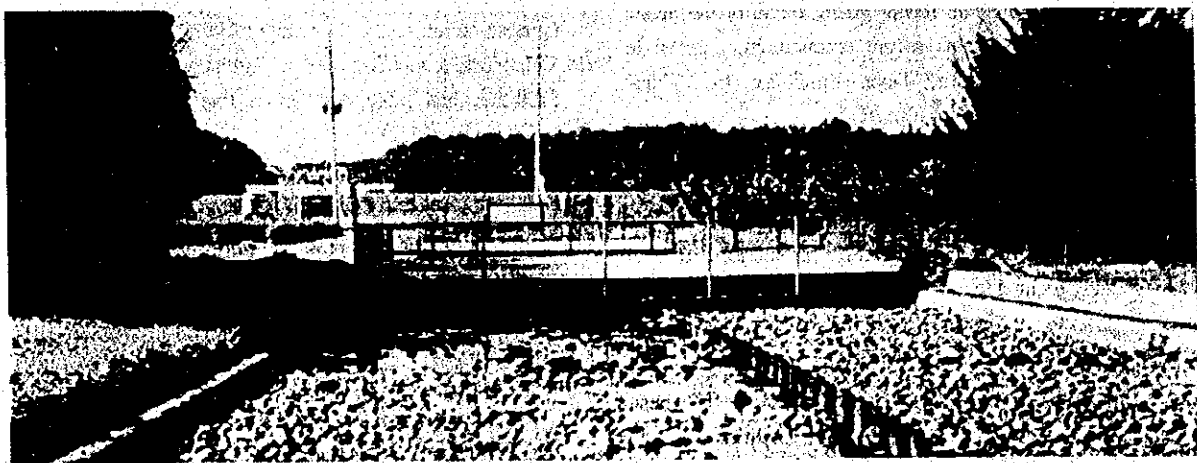


Fig. 6 Number of Treatment Days and Changes in BOD Removal Rates



Contact Aeration Stone Beds for River Water at Furo River

付録-6 プレハブ式オキシレーションディッチ

PREFABRICATED OXIDATION DITCHES

by Hidetoshi Kitawaki

1. Introduction

From the standpoint of water quality management, construction of small scale wastewater treatment plants in peri-urban or suburban areas is no less important than for large scale plants in urban areas. Currently engineers are therefore facing constraints such as lack of time or resources for designing individual plants. Efforts have been made by the Japan Sewage Works Agency et al. to alleviate such constraints and enable an immediate construction of small plants in the priority areas. One of the solutions is the standardization of treatment plants that can easily be built using prefabricated panels, known as "Prefabricated oxidation ditches". As most of the parts used in the plants are standardized and prefabricated, the design and construction is much easier. The Japan Sewage Works Agency recommends use of prefabricated oxidation ditches where daily maximum flow rates are under 1200 m³/day.

The first prefabricated wastewater treatment plant began its operation in May 1988 at Nakanojo Town, Gunma

Prefecture. By the end of FY 1993 (March 31 1994), 20 prefabricated oxidation ditches are expected to be in operation. The use of this system is rapidly spreading among small municipalities in Japan. Currently, 35 new plants are under construction or in the planning stage. Before the end of FY 1997, more than 44 plants are expected to be operating in Japan.

2. Treatment System

Wastewater treatment is carried out in a round oxidation ditch. Major treatment units in the prefabricated wastewater treatment plant are a wastewater pit with pumps, a mechanical screen, an aeration tank (oxidation ditch), a sedimentation tank and a chlorination chamber. Sludge from the sedimentation tank is temporarily stored in a sludge pit and pumped to a sludge storage tank/thickener. Thickened sludge is removed by trucks equipped with a tank or a compact de-watering machine.

3. Design Factors

The wastewater is supposed to be collected exclusively from households. Design wastewater characteristics for the prefabricated oxidation ditches are BOD 200 mg/l and SS 200 mg/l. Treated wastewater characteristics are BOD 20 mg/l and SS 30 mg/l. Hydraulic retention time in the aeration tank is designed to be 24 hours, whereas sludge retention time is 15 - 27 days.

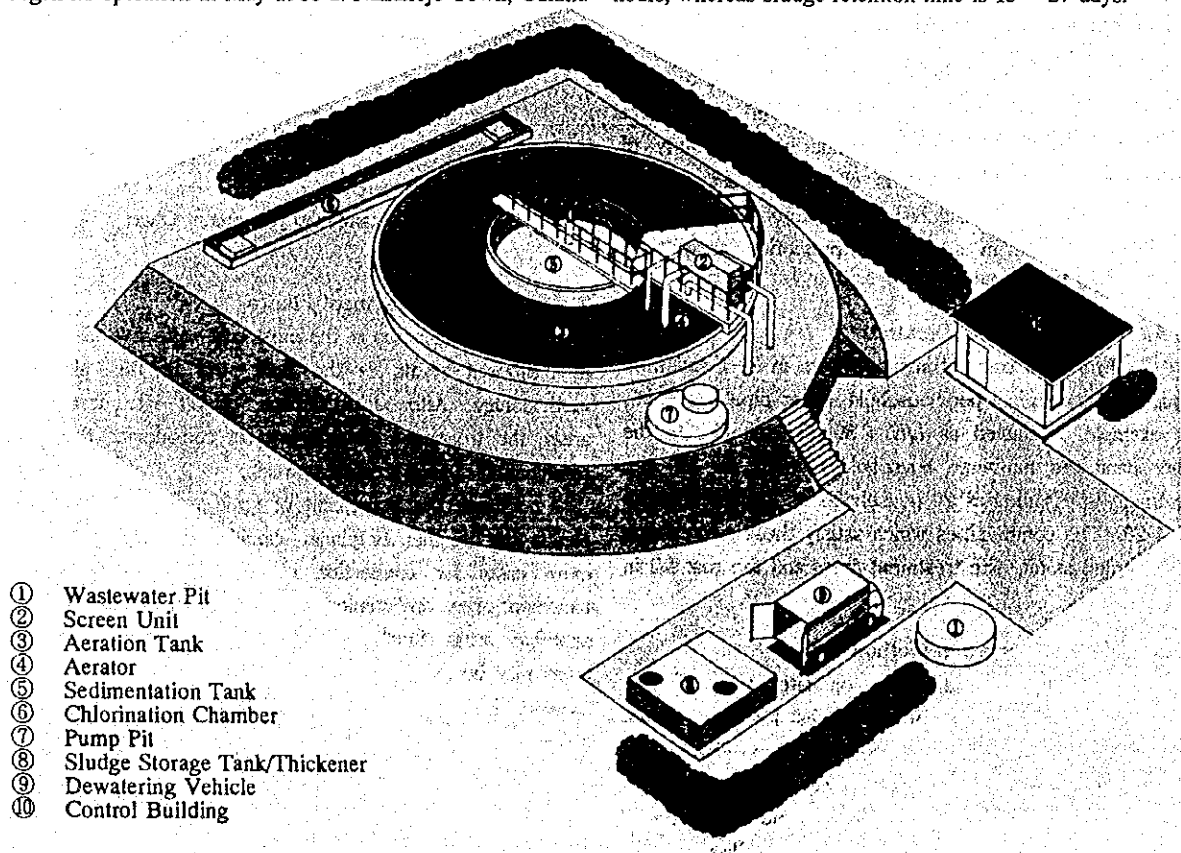


Figure 1 A Bird's-eye View of a Prefabricated Oxidation Ditch

Table 1 Design Parameters of Prefabricated Oxidation Ditches

Capacity (m ³ /d)	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Daily maximum (m ³ /d)	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Hourly maximum (m ³ /d)	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400
Daily average (m ³ /d)	225	300	375	450	525	600	675	750	825	900
SS inflow (kg/d)	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
D (mm) : See Fig. 2	13200	15300	16800	18500	19800	21400	22800	23700	24800	25300
d (mm) : See Fig. 2	5700	6600	7300	8000	8700	9300	9900	10400	10900	11300
H (mm) : See Fig. 2	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Aeration tank vol. (m ³)	304	404	501	601	701	803	901	1005	1108	1204
Sedimentation tank(m ²)	38.5	50.3	63.6	75.4	88.2	100.3	113.1	126.7	138.9	151.7
Sludge generation(kg/d)	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
Thickened sludge(m ³ /d)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
W. W. Pump diameter (mm)	80	80	80	80	80	100	100	100	100	100

The prefabricated treatment plants are designed for capacities ranging from 300 t/d to 1200 t/d (Table 1 and Fig. 2). Detailed designs for each size have been made. Oxidation ditches for each size are designed in a round shape with a sedimentation tank inside as a concentric circle. The concrete wall separating these two tanks is rather thin because both sides of the wall are filled with water.

4. Construction methods

The construction process for the plants is prefabrication of concrete panels, foundation work at the construction site, assembling of panels on the foundation to make cut-off walls, stressing panels to generate prestress and equipping with machines. This construction process requires less time than conventional plants.

5. Applicability to Developing Countries

In developing countries, priority areas for off-site treatment are usually limited to the center of large cities. However, for the protection of particular water resources, small treatment plants are sometimes very effective.

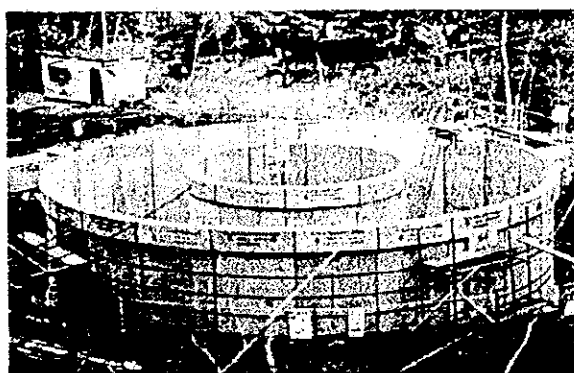


Photo 1 Aeration/Sedimentation Tank Under Construction

If such facilities were to be constructed in suburban areas of developing countries, there are several points which need to be considered. For example, precast concrete plates are rather heavy, which might cause inconvenience in transportation if rigid roads or large vehicles are not available. One of the solutions to this question is on-site casting of concrete plates or use of locally available construction materials such as bricks etc. Sludge treatment facilities could be replaced with sludge-drying beds.

Efforts for standardization and prefabrication, if possible, should be encouraged in both water supply and sanitation projects. If standard designs are worked out for small scale treatment plants using locally available materials, it will contribute greatly to raising service level.

For further details, please contact INTEP or the Japan Sewage Works Agency, No. 18 Mori Building, Toranomon 2-3-13, Minato-ku, Tokyo 105 Japan.

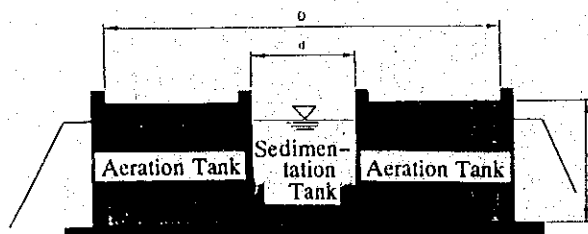


Figure 2 Cross-Section of Aeration/Sedimentation Tank

付録－7 日本におけるし尿・雑排水処理の歴史

S 7 - 1 古代～中世－有効利用の始まり－

日本では、し尿は特別な役割を果たしてきた。古くから、し尿を肥料として農地にまく、し尿の農地還元が広く行われており、それは1960年代頃まで続けられてきた。こうしたし尿の農地還元のシステムは、日本独特の文化を形作ってきた。し尿を単に汚物として扱ってきた欧米諸国と異なり、日本ではし尿は非常に価値のあるものとして扱われ、し尿を媒体とした都市と農村の独特な関係が生まれた。人が密集して生活する都市から出る大量のし尿は、都市周辺の農村にとってかけがえのない有機肥料であった。また、都市にとってはそうした周辺農村が都合のよいし尿の処分場所であった。

(1) 農業におけるし尿の有効利用の始まり

BC 3世紀頃に南方系の国々から伝わってきたとされる稲作は、約600年の歳月をかけて日本各地に普及した。この頃から既に鉄製農器具が使用されていたが、6世紀頃になると、鉄製農器具はさらに普及し、同時に発達して大型のものとなり、水田開発のための大規模なかんがい工事に使用されるようになった¹⁾。こうして、水田面積が拡大し、稲作を中心とした食料増産が可能になり、米が主食とされるようになっていった。しかし、貴族など支配階級の人々は、副食として動物性食品も好んで食べていた。

8世紀半ば頃になると、仏教が普及してきたため、二回にわたり肉食禁止令が出された(750年頃)。そこで、貴族などは動物性食品の代わりに畑作物を進んで食べるようになった。こうして、貴族などが所有する農園(荘園：律令制の下に現れ、中世を通じて存続した貴族・寺社の私有地)を中心に、畑作が重視されるようになり、畑作に肥料が多用されるようになった。この肥料には、はじめは馬の糞などが用いられていたが、やがて人間のし尿が使用されるようになった²⁾。

この頃の日本は、中国との交流を頻繁に行っていた。その結果、律令制度(公地公民制を基礎とする中央集権的国家体制)が導入されるとともに様々な文化が持ち込まれたが、当時の中国大陸や朝鮮半島など東アジア諸国は既に人間のし尿を農業利用していたことから、新しい肥料技術としてのし尿の農業利用も恐らく当時の先進国であった唐(618～907年の中国)、新羅(4世紀中頃朝鮮半島の南東部おこり、677～935年は朝鮮半島を統治した国)から導入され、日本の西から徐々に普及していったものと考えられる。

927年に編集された延喜式(9世紀初め～10世紀初めにかけて弘仁・貞観・延喜の三代格式が編集されたが、この格式とは律令とならぶ古代の成文法である。そのうち格は律令の改正法、延喜式に代表される式はその施行細則である。)には、施肥の指導に関する部分に人間のし尿が肥料として使用されたと推測できる記述がある³⁾。したがって、この頃には既にし尿が農業利用されていたと考えられるが、全国的に普及していたかどうかは明らかではない。

し尿の農地還元が全国的に普及してきたのは、一般的には、12世紀の後半くらいからだと言われている。この頃になると、稲を刈り取った後に裏作として麦などの畑作物を栽培

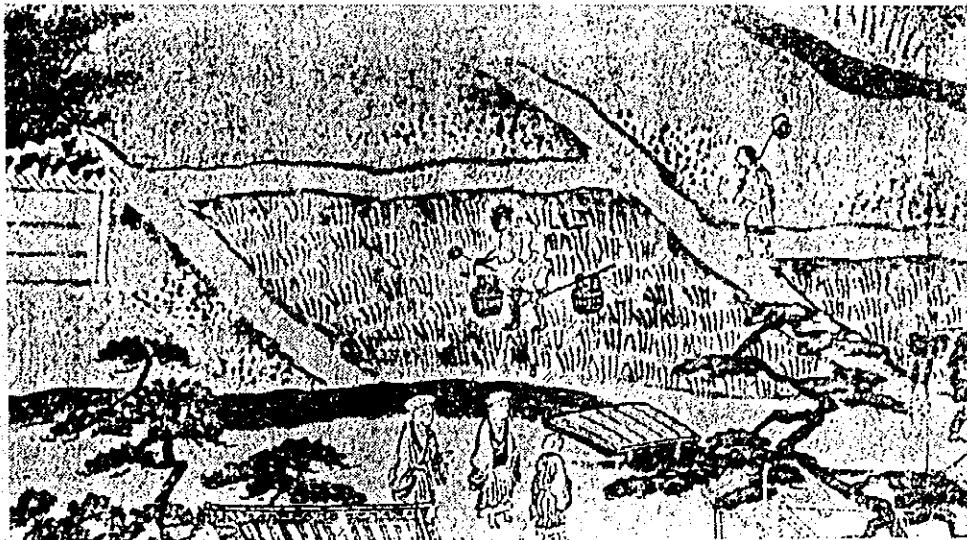
する二毛作が既に行われており、二毛作は国の政策として進められる。この政策とは、当時は米を税として徴収していたが、裏作の麦は税の対象外にするというものであった³⁾。こうして、麦など裏作の畑作物が農民の収入源になったことで、その後二毛作は急速に普及したが、その一方で多量の施肥が必要となり、肥料として次第にし尿が多用されるようになっていった。

(2) 都市とその周辺農村におけるし尿を介した効率的な経済圏の確立

12世紀頃になると、畑作物の栽培が盛んになり、商業作物の栽培も行われるようになった。商業作物は手工業によって加工され、手工業品として都市に運ばれて市に出され、塩や海産物と交換された。しかし、商業作物を含めた農業生産力の増大と手工業技術の進歩を背景に商工業が発達するにつれ、次第に貨幣と交換されるようになった⁴⁾。こうして貨幣経済が発達していったが、その結果、農耕によらなくても手工業的生産だけで生活することが可能となり、独立して賃仕事をする職人が増加した。

15世紀後半になると、大名の居城はかつての山城や山沿いの平山城から水陸交通の要である平野部へと移り、その周りに商工業者を集めて城下町と呼ばれる都市として発展していった。同時に、こうした都市周辺の平野部には、都市に食料を供給するために、農村が形成されるようになった⁵⁾。こうなると、山林や原野から遠く離れた農地となり、刈草等の肥料の入手が困難となる。そこで、都市のし尿が必然的にその周辺農村の肥料として使用され始め、やがて都市とその周辺農村におけるし尿を介した効率的な経済圏が成立した(図S7-1)。

図S7-1 稲に下肥を施す様子(町田家本「洛中洛外図」、1525年頃の作品)⁶⁾



S 7 - 2 江戸時代（1603～1868年）－有効利用の全盛期－

1603年、徳川家康によって江戸（現在の東京の古い地名）に幕府が開かれた。こうして、日本全国に統一的な権力が樹立され、江戸時代（1603～1867年）が始まった。この時代は、キリスト教禁圧を名目に、対外交易の極端な制限政策、すなわち鎖国が行われ、国際的には孤立した状態にあった。また、中央統一政権のもとに平和が日常化したため、18世紀初頭と19世紀初頭を頂点として文学、歌舞伎、浮世絵など町人文化が繁栄した。さらに、道路など社会基盤整備が全国的に進み、人や物の移動が容易になったことから、商品流通が盛んになるとともに人口が都市に集中し、都市が発展した。

この時代における政治経済の中心都市であった江戸では、人口の増加に対処するために、上水道の整備が行われるとともに雨水・雑排水排除のための排水路の整備が行われた。また、人口の増加とともに江戸のし尿量も増大したが、江戸周辺の農村が拡大し、江戸のし尿が周辺農村で確実に農地還元されたため、江戸におけるし尿処分はほとんど問題にはならなかった。このように、江戸時代を通して、し尿の農地還元は非常に盛んになった。

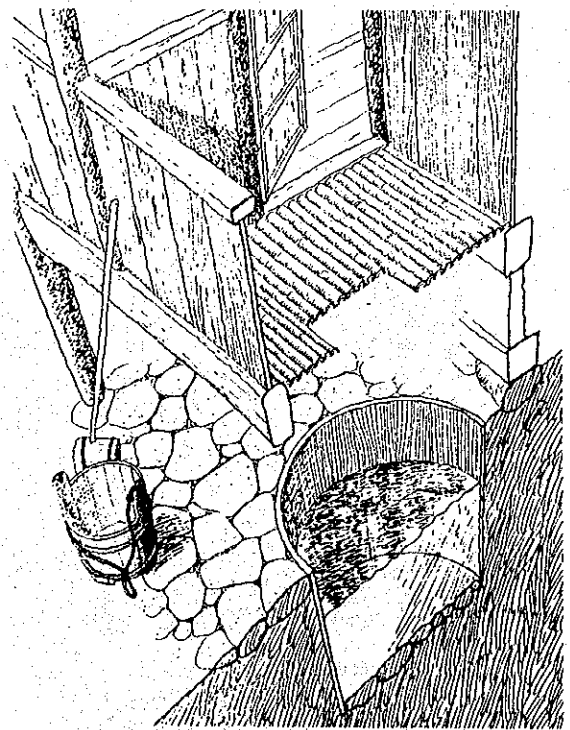
（1）し尿の農業利用の普及

江戸時代に入っても、米を中心とした農作物が税として徴収されていた。したがって、財源を確保するために、国策として、全国的に農地の整備や開拓が行われるようになった。同時に、農業用水の確保のための整備も行われた。その結果、16世紀から17世紀のおよそ1世紀の間に耕地面積は約80%も増加した⁶⁾。

しかし、そうした開発が進むにつれて、林地や草地の面積が減少し、肥料として用いられてきた刈草などの緑肥が不足するようになってきた。そこで、ますますし尿が肥料として用いられるようになり、し尿中心の肥料体系が確立していった⁷⁾。都市のし尿は、既にその周辺農村で農業利用されるようにはなっていたが、交通が整備され、都市の人口が増すにつれて、その規模はさらに拡大していったが、その背景には、国の指導が行われたということもあった。

国は、米の増収を図るための有効な肥料であるし尿を確保するために、便所の構造に関して指導し、便所にし尿を溜めるための便池（図S 7 - 2）を設けさせた⁹⁾。この指導は全国的に行き渡り、農家はほとんど例外なく母屋の外に大きな便池を備えた便所を設けた。さらに、都市の住居にも、貴重な肥料源を農村に提供するために、便池を備えた便所が設置されるようになった。

図S 7 - 2 民家の汲み取り便所⁸⁾



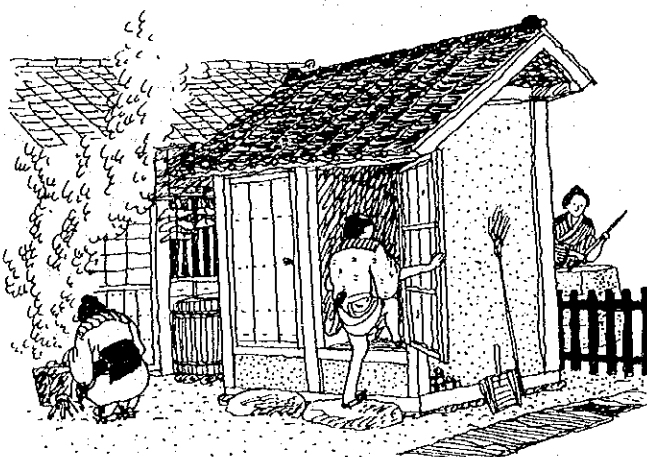
また、この時代には、農業技術の進歩にともない、数多くの農業専門書が出版された。その多くには、し尿の肥料としての重要性が説かれ、その使用方法も詳しく述べられている。例えば、1696年に出版された宮崎安貞の「農業全書」には、痩せた農地にし尿を施すことが急務であること、農家は便所を整備してし尿を貯めておかなければならないこと、便所には雑排水までも貯めて腐敗させてから使用すること、し尿に油かすや干鰯（ほしか）を混ぜて使用した方がよいということなどが書かれている¹⁰⁾。こうした農業専門書が数多く出版されたことも、し尿の農業利用が普及していく要因となった。

(2) 江戸におけるし尿処分のようす

江戸は、現在の東京の古い地名であり、江戸時代における国政の中心都市であった。人口は16世紀末には100万人を超えていた¹¹⁾と言われる。したがって、江戸の町で毎日排出されるし尿は膨大な量であった。このし尿は、速効性が高い窒素肥料の供給が少なかった江戸周辺の農家にとって、重要な肥料として農業生産上大きな意義があった。とくに、畑作には欠かせないものであった。このように、江戸周辺の農村におけるし尿需要が高かった上に、江戸とその周辺農村を結ぶ交通が整備されたことから、江戸のし尿は滞りなく汲み取られ、その周辺農村に運ばれて農業利用された。

江戸の人口の大部分を占めていた庶民は、主に長屋と呼ばれる平屋の集合住宅に住んでいた。その広さは一室（一家族が居住）約9.9～13.2㎡（3～4坪）¹²⁾であった。これらの各室内には便所はなく、長屋の外に共同便所が設置された（図S7-3）。なお、武家屋敷などには屋敷ごとに便所が存在した。長屋の共同便所は、屋外に設置されていたので、使う側からすれば不便であったが、汲み取る側からすれば非常に効率が高かったと言える。また、江戸では、神社のお祭などの際にはたいへんな人出があったため、その際の用便が問題となった。そこで、日本で初めて公衆便所が登場し、町の適所に設置された¹³⁾（図S7-4）。

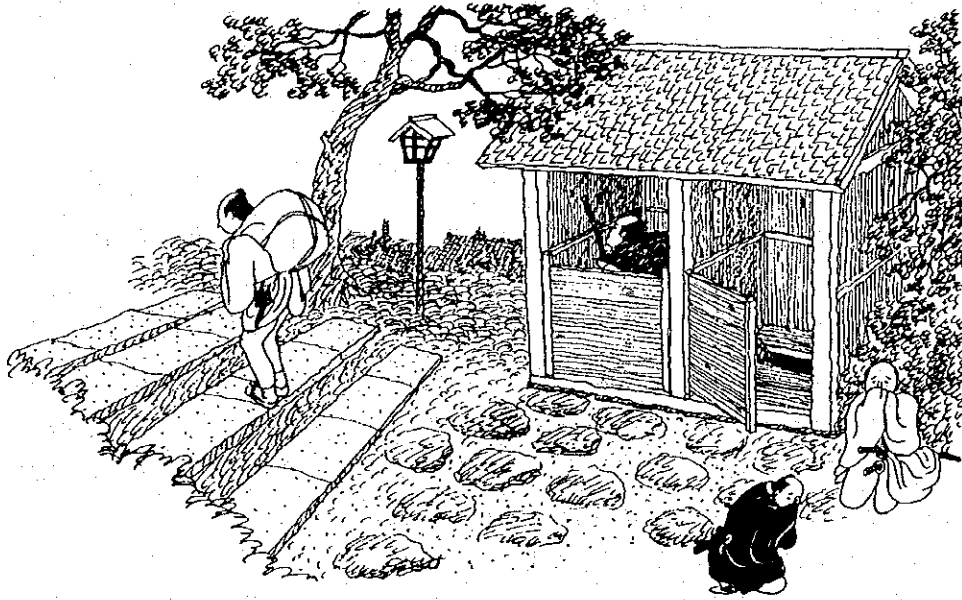
図S7-3：長屋の共同便所¹³⁾



江戸におけるし尿の汲み取り作業は、当初はその大部分が農民によって行われていたが、やがて汲み取りや運搬を専門に行う業者が現れ、こうした専門業者によっても行われるようになった。これら専門業者は、農家や汲み取られる側の家主と契約し、汲み取られる側にはし尿の代価を支払い、これに運搬料等を上乗せした額をし尿運搬の代価として農家から徴収し、その差額から利益を得た。汲み取りの代価は、し尿の品質によってそれぞれ決められており、基本的には富裕階級のようなぜいたくな食生活を送っている屋敷から出るものほど高価であった。汲み取ったし尿の運搬には、川沿いの地域は船が、それ以外の地域は牛車あるいは馬車が使われた。このようにして、し尿の経済的な価値が高まってい

次第にし尿が一種の商品のように扱われるようになった。そこで、し尿の仲買人が現れた。仲買人は、専門業者が江戸市中から汲み取ったし尿を買い取り、船によって輸送し、農家に売り渡して利益を上げていた¹⁴⁾。

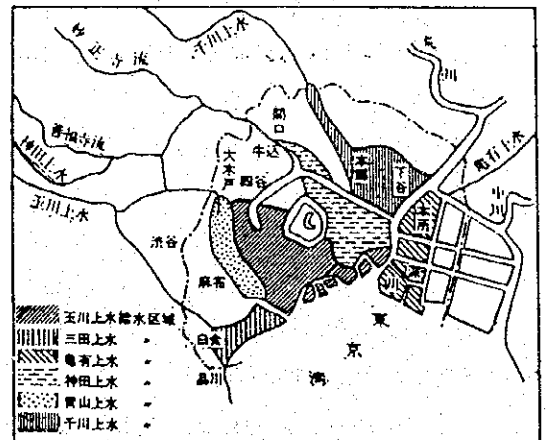
図S7-4 江戸時代の公衆便所¹³⁾



(3) 江戸の上水道

江戸の町の飲料水や生活用水は、堀抜き井戸、あるいは上流の川や池から水路によって引かれた上水道によってまかなわれていた。上水道は、人口が増加して飲料水が不足する度に建設され、この時代には全部で六つ建設された。最初に神田上水(1625年)が建設され、続いて玉川上水(1654年)が建設された。さらに、1657年の大火(明暦の大火)を契機とした新しい町づくりのために、その後本所上水とも呼ばれた亀有上水(1659年)、青山上水(1660年)、三田上水(1664年)、千川上水(1696年)が建設された(図S7-5)。このうち、江戸の西方にある井の頭池を水源とした神田上水と南西部を流れる多摩川を水源とした玉川上水は、江戸の二大上水と呼ばれ、本格的な上水道であった¹⁶⁾。

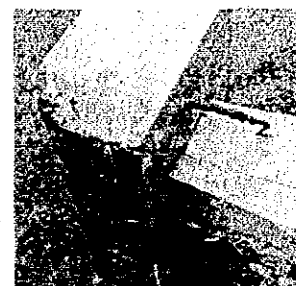
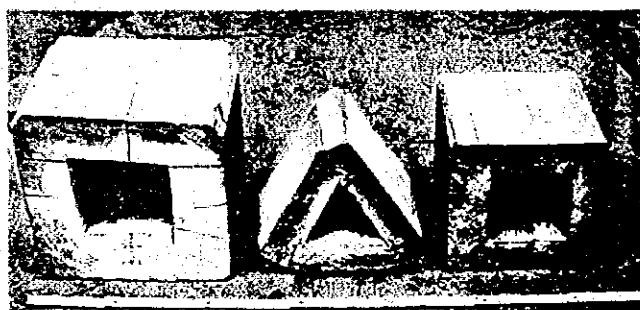
図S7-5 江戸6上水道の給水系統¹⁵⁾



これら六つの上水道は、川や池から取り入れた水を、主に開削した水路によって、自然流下により江戸の町中まで導いた。例えば、玉川上水は、多摩川の水をまず水路によって約43km先の町中まで導いた。こうして町中まで導かれた水は、ここから地下に埋められた樋によって各町まで配水された。この樋には、地下の幹線部分や重要と思われるところに

は石樋が用いられ、それ以外は木樋が使用された。木樋には、松や桧といった木材が多く用いられ、これらの木材をコの字形にくり抜き、蓋を載せて四角にしたものが広く使用されていた(図S7-6)。地中に埋設した樋には、太さの変わるところや水の流れる方向が変わるところに枡が設けられた。こうした枡は地中に設けられたり、地上に設けられたりし、地上のものは蓋をあけて水の流れを調べるためにも使われた。そして、最終的に水は、石樋・木樋から枡を介して竹樋によって分水され、一町(外神田の49の町は面積106㎡、家数2軒~面積11,421㎡、家数272軒と大小様々¹⁹⁾)に数箇所設けられた上水井戸と呼ばれる受水用の枡まで導かれ、江戸の町の人々に使用された。このように自然流下によって配水されていたので、使用されなかった水はそのまま河川等に放流されていた¹⁹⁾。

図S7-6 木樋¹⁷⁾



しかし、神田、玉川両上水を除く4つの上水道は1722年に廃止された。その理由は、堀抜き井戸が普及して飲料水が得易くなったことや上水道の維持管理が困難になったことなどが考えられるが、実際には上水道の建設によって風の流れが変わり、火災が大きくなるという間違った考えが信じられたからであった²⁰⁾。その後、4つの上水道は主にかんがい用水に使用された。

4つの上水道の廃止原因にみるように、江戸では防火が重要課題の一つであり、防火のためならなんでも試みようとした。それは、江戸では度々火災が発生した上、ほとんどの家屋が木造で燃え易く、その火災が大災害となるが多かったからだと言える。例えば、1657年に起こった火災(明暦の大火)は非常に大きな被害をもたらした。この時、三ヶ所から燃え上がった火は、1月18、19日の二日間にわたって燃え続け、江戸の町の約2/3を焦土に変え、死者10万人余りを出した²¹⁾。

ところで、江戸には「水銀」と呼ばれる上水道料金を徴収する制度があった。その金額は、武家の場合は石高と呼ばれる米で与えられた武士の俸給高によって決められたが、町人の場合は樋によって分水した水を共同で使用していたので、上水道の使用者一人一人ではなく樋ごとに決められた。また、玉川上水は、江戸の町中に限らず上流の沿岸の村々でも飲料水やかんがい用水として使用されたので、これらの村々から村単位で使用料が徴収された。この他、上水道の使用と関係なく、上水道の沿道に当たるところからは、上水道の建設費や修復に必要な費用が徴収された²²⁾。

(4) 江戸の排水路

江戸の町々には主に火災の拡散を防ぐ目的で公共の広場が多数設けられた。こうした公共の広場の多くは、四方を町で囲まれるように配置された上、周囲の家々に比べて低かったため、容易に水を導くことができた。したがって、当初江戸の雑排水は、公共の広場に集められて地中に浸透させることによって処分された²³⁾。

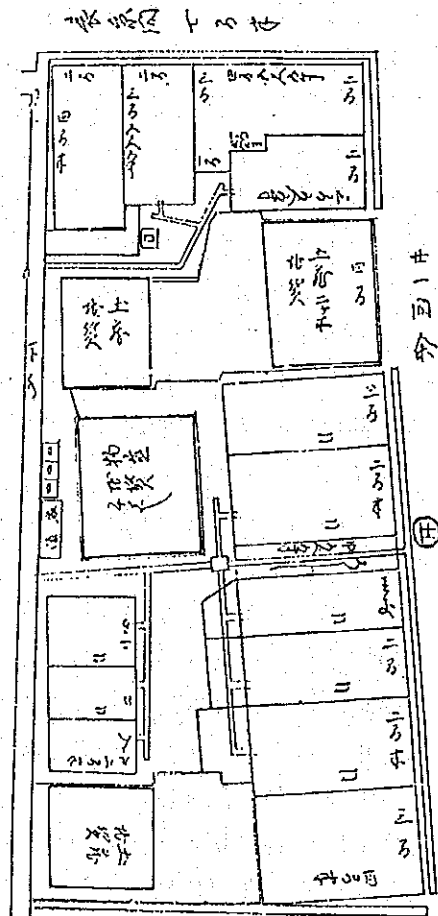
しかし、人口の増加とともに、上水道が整備されて、室町時代(1338~1573年)に始まったとされる入浴が庶民の間にも普及(ただし、防火対策から共同浴場である銭湯が一般的)するなど、水の使用量と同時に雑排水の量が増加してきたため、やがて排水路の整備が組織的に行われるようになった。

排水路には、幅約0.9~1.8mと比較的大きい幹線の排水路と各家の周辺の小さな排水路とがあった(図S7-7)。各家から出た排水は、まずその周辺に掘られた小さな排水路を通して幹線の排水路に流れ込み、この幹線の排水路が川につながっていたので、最終的には川に流れ込んだ。また、この排水路には、雑排水だけでなく雨水排除の目的もあり、雑排水とともに屋根から流れ落ちた雨水も流れ込んだ。なお、排水路の建設・修復は、幹線となるものは原則的に官が負担し、各家周辺のもの町や町人が負担した²³⁾。

17世紀中頃になると、排水路の管理に関する取り決めが次々として出された。その一例として、1657年に起こった大火(明暦の大火)の直後に出されたものには、町に対して排水が滞らないようにごみを排水路に捨てないこと、排水路のごみさらいを行うこと、また現状を維持するために排水路の上に建物を建てたり、排水路の幅を狭げないことなどが記されていた²⁶⁾。なお、ここでいう排水路とは各家周辺のものであるが、その維持管理は主に町や町人が負担した。一方、幹線排水路の維持管理は原則として官が負担することとなっていたが、やがて町や町人に委ねられることが多くなった。

19世紀末頃になると、封建制の衰退が一段と深刻化したため、排水路の管理が十分行き届かなくなり、多くの排水路で雑排水が滞るようになった。こうして、江戸の生活環境は次第に荒廃していった。そして、その後も改善されることはなく、悪化の一途をたどった。こうした傾向は江戸に限らず、他の都市にも共通していた。その結果、1858年にアメリカ、オランダ、ロシア、イギリス、フランスの5カ国と通商条約(自由貿易を規定。この頃から鎖国政策は崩壊。)が締結された際に持ち込まれたとされるコレラが日本各地に伝染し、1862年には患者数が56万人余り、死者数が江戸だけで7万5千人にも達した²⁷⁾。

図S7-7 江戸の排水路
(「白木屋持屋敷図」、1805年頃)²⁴⁾



S 7 - 3 明治時代 (1868~1912年) - 衛生思想の始まり -

1868年、それまで 265年間続いた江戸時代が終わり、新たに明治時代 (1868~1912年) が始まった。この時代の日本は、資本主義の確立を図るとともに軍備増強を図りながら帝国主義路線を歩いていき、やがて、1894~1895年の日清戦争、1904~1905年の日露戦争を経験し、帝国主義大国へと成長するに至った。

また、鎖国が解けて外国との交流が盛んになったため、当時世界的に流行していた伝染病が次々と日本に入ってきた。そして、江戸時代末期に始まった都市部における生活環境の荒廃がさらに進行していたため、コレラを中心に伝染病が大流行した。こうした背景から近代的な上下水道の整備が始まり、次第に衛生という概念が日本に浸透していった。

(1) コレラを中心とする伝染病の大流行

明治時代初期の都市は、非常に不衛生であった。東京 (明治時代になって江戸は東京と呼ばれるようになった) を例にとると、東京の前身である江戸では、単に都市の機能を維持するためだけに排水系が整備され、例えば井戸のすぐ近くに排水路を設置するというように、衛生的な観点からの配慮はほとんどなされていなかった。こうした江戸の排水系は明治時代に入っても引き継がれたが、この頃になるとほとんど機能しておらず、雑排水は至るところで溢れ、晴天時には地下に浸透して飲料用水源である井戸を汚染し、雨天時には排水路に堆積した汚濁物が路上に溢れて汚染が拡大し排水がなされなかったので道路の機能低下を招いた²⁸⁾ (図 S 7-8)。

東京では、明治時代に入ってもなお多数の井戸が存在していたので、井戸の汚染は非常に重大なことであった。また、玉川上水など江戸時代に開設された上水道も依然使用されていたが、この頃には既に細菌で汚染され、飲用には適さなくなっていた。

都市の生活環境が不衛生であった上、鎖国が解けたばかりで伝染病に対して無防備であったため、当時世界的に流行していた伝染病が次々と日本に入り、容易に流行した。1868年から1876年にかけては幸いにも伝染病の流行はないものの、表 S 7-1 に示すように、1877年以降は毎年のようにコレラを中心とした伝染病が流行した。とくに1879年と1886年のコレラの発生状況はひどく、患者数・死者数はともに10万人を優に越えた。なお、江戸時代には、コレラは3回ほど大流行している。最初が1822年、2回目が1858年、3回目が1862年であった³⁰⁾。しかし、鎖国によって病原菌の進入が防がれていたため、江戸時代全体を通して比較的伝染病の被害は少なかった。

図 S 7-8 明治時代の東京のスラム
(山本松谷画)²⁹⁾



表S7-1 1877~1902年間のコレラ・赤痢・腸チフス発生状況³¹⁾

年	人口 (千人)	コレラ		赤痢		腸チフス	
		患者(人)	死者(人)	患者(人)	死者(人)	患者(人)	死者(人)
1872	34,806						
—							
1877		13,710	7,967				
1878		902	275	1,098	131	3,983	549
1879		162,637	105,786	8,119	1,477	10,052	3,530
1880		1,570	589	6,015	1,473	13,349	3,606
1881		9,328	6,197	7,001	1,837	24,033	5,866
1882		51,638	33,784	4,289	1,300	18,258	4,954
1883		969	434	21,172	5,066	18,769	5,043
1884		900	415	22,524	5,989	20,816	5,699
1885		13,772	9,310	47,183	10,627	27,934	6,483
1886		155,923	108,405	24,326	6,839	66,224	13,807
1887		1,228	654	16,149	4,257	47,449	9,813
1888		811	460	26,815	6,576	43,600	9,211
1889		751	431	22,873	5,970	35,894	8,623
1890		46,019	35,277	42,633	8,706	34,749	8,464
1891		11,142	7,760	46,358	11,208	43,967	9,614
1892		874	497	70,842	16,844	35,636	8,529
1893		633	364	167,305	41,282	34,069	8,183
1894		546	314	155,140	38,094	36,667	8,054
1895		55,144	40,154	52,711	12,957	37,015	8,401
1896		1,481	908	85,876	22,356	42,505	9,174
1897		894	488	91,077	23,189	26,998	5,854
1898		655	374	90,976	22,392	25,297	9,697
1899		829	487	108,709	23,763	27,676	6,452
1900	43,847	378	231	46,249	10,164	23,852	5,362
1901		101	67	49,634	10,899	24,109	5,411
1902		13,362	9,226	36,985	8,442	21,093	4,807
—							
1920	55,963						

(2) 近代的な下水道整備の始まりと挫折

政府は、欧米の先進諸国に追いつくために、軍備増強と産業強化を最優先したので、上下水道という社会基盤としての公衆衛生まで手を回す余裕はなかった。したがって、明治

時代初期に唯一政府が行ったことは便所、排水路、芥溜の構造、掃除法について各府県に注意する程度であった。また、当時はコレラ等伝染病の予防・対処に際して主に警察力が使用されていたが、警視庁はコレラが流行し始めた1878年に廁構造並びし尿汲取規則を出し、便所の便壺をし尿が漏れない構造へと改造することや汲み取りを定期的に行うことを市民に徹底した³³⁾。このことは、便壺から漏れたし尿が排水路等に流入していたことや、また地下に浸透して飲用井戸の水を汚染していたことを暗示している。このようなことから、当時の雑排水には一部し尿も混入していたと考えられる。

しかし、コレラが依然として猛威をふるったため、国の公衆衛生に対する考えは次第に変化する。当時は、上水道を優先して整備すべきという考えが一部の有識者（北里柴三郎、森鷗外ら）の間にあり、かつ上水道の方が庶民には要望されていたのに対し、下水道はほとんど世論の支持を得ていなかった。しかし、国の衛生行政を担当していた内務省衛生局は、上水道の必要性を認めてはいたものの、上水道は採算性があるため民間でもできるとして、むしろ下水道が国のやるべき事業であると考えていた。このように上水道優先論、下水道優先論が一部で激しく相対していたが、当初国はコレラ対策の根本対策である下水道を整備すべきという内務省衛生局の方針をそのまま採用した。こうして、日本初の近代的下水道の工事が東京市の神田で始まった。

神田が選ばれたのは、人家が密集していたにもかかわらず、江戸時代後期から始まった排水路の埋没による排水機能低下がさらに進行していた上、土地の水はけが悪かったため、コレラが流行した際に最も患者数を多く出した場所だったからである。工費は国税と地方税の負担によって賄われた。工事は1884、1885年の2年間で本管を通しただけで、本管と各家との連結には至らずに中止された。しかし、この下水道は1908年に閣議決定される東京市下水道設計に織り込まれて活用されることとなり、現在に至ってもその一部が使用されている³⁴⁾。

神田の下水道工事が中止された理由は、上水道・下水道という二大衛生工事における優先順位が逆転したために生じた財政難であった。すなわち、膨大な工費を要した上に工事がはかどらなかつたため、限られた予算の中で下水道と上水道とを同時に整備することはできないとして、世論の支持を得ていた上水道が優先された。こうして、明治時代を通してほとんどの都市で上水道が優先整備されることとなった。なお、神田の下水道工事はコレラに対する直接的な対策ということだけでなく、衛生思想の普及していなかった世の中において、暗渠化した近代下水道の実物を示し、衛生に対する認識を高めるという意図もあった³⁵⁾。

(3) 東京市における近代的な上水道整備の始まり

200年以上にわたり江戸の人々の生活を支えた神田、玉川両上水は明治時代に入っても東京市民の重要な飲み水であった。しかし、明治時代に入ると、神田、玉川両上水の周辺には人家が増加し、水は次第に汚染されるようになり、また市内に敷設された木樋の修理はほとんど省みられなかつたので、腐食により雑排水が浸水したり、漏水がひどくなったりした。その頃の調査では、玉川上水は降雨があると道路の排水、腐敗物、牛馬犬猫のし尿が流れ込んでいること、神田上水も田畑の汚れた不排水や人家の雑排水を流しているこ

となどが判明している。さらに、当時の新聞にも、水はわずか一日の雨でも濁り、三日も降り続けば泥水のようにするという記事がみられる³⁶⁾。

水の汚染が進むにつれ、東京の上水道を改良しなければならないという声が次第に高まり、それは1886年のコレラの大流行によりさらに拍車がかかる。こうして東京の上水道を改良する意見書や設計案が幾つか出されるが、財政上早急な実施は困難な状況にあった。しかし、1888年10月、当時上水道を所管していた内務省に東京市区改正委員会が開催され、市区改正事業のうち上水道の改良が急務であるとして、調査を推進することになった。こうして、イギリス人技術者バルトン (W. K. Burton: 上下水道に関係した技術者であり、衛生工学者であった) が主としてその任務に当たり、1888年12月、その調査報告が市区改正委員会に提出された³⁷⁾。なお、1889年7月6日には同じくバルトンが中心となって策定した下水道に関する報告書も提出され、翌1890年10月9日、審議されたが、同年11月7日、先送りとなった。

上水道事業の運営については、東京市区改正委員会の開設に先立って1887年12月に民間の上水道会社設立の申請が出されていた。この技術部門を担当したのはイギリス人技術者パーマー (H. S. Palmer: 土木技術者) で、その設計書および改良意見は、後に、市区改正委員会の改良上水道事業の設計に役立てられた³⁸⁾。しかし、1890年2月12日、水道条例が公布されたことによって、上水道事業は市町村による運営となった。その後水道条例は、1957年6月15日、水道法が公布され、同年12月14日施行されるまで、日本の上水道行政を律してきた³⁹⁾。

そして、東京市区改正委員会は、バルトン案を中心にパーマー案と合わせた形で作成された第二報告を審議し、1890年4月18日、東京市上水道改良設計を議決した。これは、翌日内務大臣に提出され、7月5日認可となり、7月23日に東京府から告示された⁴⁰⁾。こうして改良上水道は1892年に着手され、1898年通水が開始された。そして、改良上水道の通水により旧上水道神田、玉川両上水は1901年6月30日に廃止された。

(4) 東京市下水設計第一報告書の概要⁴¹⁾

バルトンが中心となってまとめた東京市下水設計第一報告書は、1889年7月6日市区改正委員会に提出され、審議の結果1890年11月7日先送りとなったが、その概要は以下通りであった。

- ①し尿は肥料としての有価物であるので、従来からの汲み取りとし、下水管に取り入れない。しかし、水洗便所の将来的な増加や公衆便所にも対応できるように、管渠容量には余裕をもたせる。
- ②雨水は雑排水と混合させず(分流式)、在来側溝を改良使用して河川等に放流させる。
- ③地勢は平坦なので、ポンプにより雑排水を排出する。
- ④処理区域人口は現在128万人であるが、10年後の増加を考慮して150万人以上とする。
- ⑤雑排水は衛生上安全な距離に排出する。ただし、雑排水を1点に集中排出させるのは管が大きくなること、埋設深さが大きくなることなどから、必ずしも経済的でないで、管路は3線路(3系統)とする。
- ⑥雑排水を荒川に放流する第2線については、三河島にポンプ場を設け、砂ろ過法の一

種を併設して処理する。

(5) 下水道における合流式と分流式について¹⁾

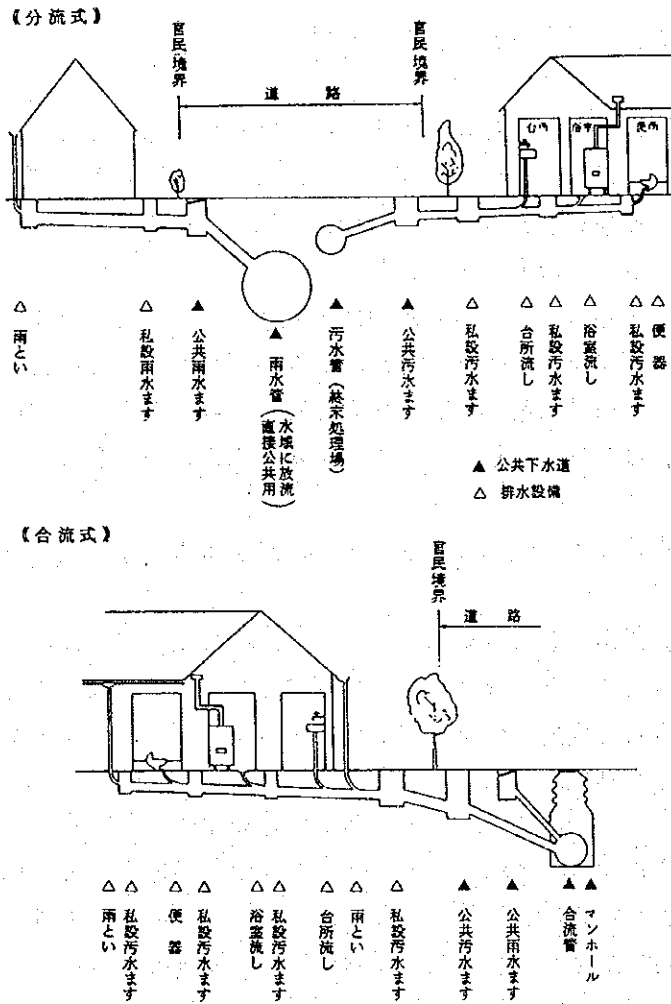
下水道の排除方式には、雨水とし尿・雑排水とを別々に排除する分流式と、同じ管路によって排除する合流式がある(図S7-9)。ただし、この頃の下水道は、分流式・合流式にかかわらずし尿は対象外とされた。この背景には、江戸時代から一貫する「し尿は資源であり、有価物である」との考えがあった。

日本の下水道計画で排除方式について最初に考えを述べたのは、バルトンであった。彼は東京市(1889年)、下関市(1893年5月)、仙台市(1893年)、名古屋市(1894年)、広島市(1894年)の下水道計画案の策定に尽力した。これらのうち、彼は、広島についてのみ合流式としたが、ほかは一貫して分流式による下水道整備を主張した。その理由として、次の4点を挙げている。

- ① 雨水は従来の排水路にまかせ、雑排水のみを排除する管だけ敷設すれば、小さい管で済み経済的である。
- ② 雑排水は衛生上、市街地から遠く離れた河川や海に放流する必要がある。合流式では、大きな断面の放流管を延々と敷設しなければならないので、経済的ではない。
- ③ 合流式では、下水管の大きさに比べて晴天時の流量が極めて小さいため、管内に汚水中の固形物が沈殿し易い。
- ④ し尿は肥料としての有価物であるため、農地に還元すればよい。

しかし、当時は上水道が優先されたため、バルトンの計画は下関市(1893年12月起工、1897年3月竣工)を除き実施には至らなかった。こうして、他の都市はバルトンの分流式計画案を見直す時間的な余裕を持ち、この期間に十分な調査を行った。その結果、既存の排水路では雨水排除は不十分であると判断し、仙台市が1898年、東京市が1907年、名古屋市が1911年に合流式を採用した計画を出した。

図S7-9 現在の下水道の排除方式



(6) 地方都市の下水道整備^{4,2)}

地方都市においても、商工業が発達し、人口が急増しつつあり、旧来からの溝渠では対応できなくなってきていた。そこで、東京における本格的な下水道計画が実現しなくなった後、大阪市、仙台市、名古屋市など地方都市では次々と計画や調査が行われるようになった。なお、繰り返しになるが、当時は、下水道による排除の対象は雑排水であり、し尿は肥料として農地還元することが当然とされていた。

大阪市の場合は、下水道に先立って1892年から上水道整備が進められていたが、伝染病予防の観点から緊急に改良下水道（暗渠化した下水道）の築造に着手すべきという気運となり、翌1893年、大阪市下水道改良計画案がまとめられた。この計画案は、建設費を削減するために在来の溝渠を活用し、溝渠の内側にコンクリートでU字形の溝をつくり、溝渠の上部を石板で蓋をして暗渠化するという予算的に現実的なものであったが、財政上の理由から反対され再調査となった。しかし、再調査の結果、今すぐ着手するのが財政上も有利であるという結論に達し、1894年工事着手となった。工事は、上水道の付帯工事とされ、上水道の財源が使われたため、一般に上水道が優先される状況下にあっても先送りとはならなかった。

(7) 汚物掃除法と下水道法⁴³⁾

伝染病の発生を予防するには、まず生活環境を清潔に保持する必要があるとの考えから、明治政府は、1900年3月7日、汚物掃除法と下水道法を公布した。汚物掃除法は土地の清掃を維持することを目的とし、塵芥、汚泥、雑排水、し尿をその対象とした。この法律によって、汚物の掃除が市民の義務となり、その処分が市の義務となった。ただし、し尿の農地還元が盛んに行われていたことから、し尿の処分については掃除義務者である市民に委ねられた。

一方、下水道法は汚物の中の雑排水のみに適用する特別法の性格を持っていた。雑排水は汚物なので、本来は汚物掃除法の適用を受けるが、公共下水道が敷設された地域には、溝渠に関する汚物掃除法を適用しないこととしてあった。

(8) 水洗便所の伝来

江戸時代には、し尿の農業利用を促進する目的で、大きな便池を備えた汲み取り式の便所が一般化していたが、江戸幕府が倒され、鎖国が解けて西洋文化が流入し始めた明治時代初期には、欧米の在日公館、外国人の邸宅など外国人の住宅を中心に水洗便所が設置されるようになった。このように明治時代初期の水洗便所は、主に外国人居留地を中心に普及した。なお、こうした水洗便所から排出されるし尿は、そのまま付近の排水路や河川などに放流されていたのではないかと考えられている。

西洋文化が浸透し始めた明治時代後半になると、全般的に生活の洋風化が進み、洋風建築が増えたことから、建物に調和して便所を水洗化しようとする動きが日本人の間にも生じてきた。そこで、1902年、初めて日本人の住宅に水洗便所が設置された⁴⁴⁾。その後、大都市の中心部では富裕階級の日本人の住宅を中心に徐々に設置されるようになったが、全国的には依然として汲み取り式の便所が一般的であった。

S 7 - 4 大正時代～昭和終戦まで (1912～1945年)

－ 衛生処理の始まり －

大正時代 (1912～1926年) は、明治時代から始まった欧米諸国との交流の結果、日本国内に西洋文化が浸透してくるとともに産業構成が変化して人口の都市への移動が急速に進む中で、近代的な上下水道整備が徐々に進展していくものの都市化の速度には追いつかず、都市の生活環境がより一層悪化した時期であった。さらに、大都市を中心に、有価物であったし尿が廃棄物として扱われるようになり、し尿の処分が問題となり始めた時期でもあった。こうした背景から下水処理施設が登場し、し尿・雑排水の衛生的な処理を開始した。こうして下水道の役割に、新たに処理が包含された。

明治時代以来の帝国主義政策により、日本は1910年には韓国、台湾、樺太など国土の77%にも及ぶ植民地を有していたが、大正時代には第1次世界大戦 (1914～1918年) の参戦を通してさらに中国へと侵略を強行するに至った。こうした政策は、昭和 (1926～1989年)

に入るとさらにエスカレートしていったが、太平洋戦争（1941～1945年）の敗戦によって終わりを告げた。このように、大正時代から昭和初期にかけて帝国主義が重点政策とされ、国家予算の多くが軍備に当てられてきたため、下水道など生活環境整備はあまり行われなかった。とくに、太平洋戦争時には、下水道は全く整備されず、また、食料・物資の不足から都市のし尿が再び農業利用された。

（1）都市とその周辺農村におけるし尿需給のアンバランス化

1898～1920年の人口統計によると、この期間に、都市人口（人口 5,000を超える行政区内人口）は倍となり、地方人口（人口 5,000以下の行政区内人口）は徐々に減少している⁴⁵⁾。したがって、この頃急速に都市化が進行したと言える。このように、明治時代後半から大正時代にかけて、急速に都市化が進み、都市人口が急増した。とくに、東京や大阪といった大都市は、近代工業が発達して労働人口の需要が高まったため、人口増加が顕著であった。

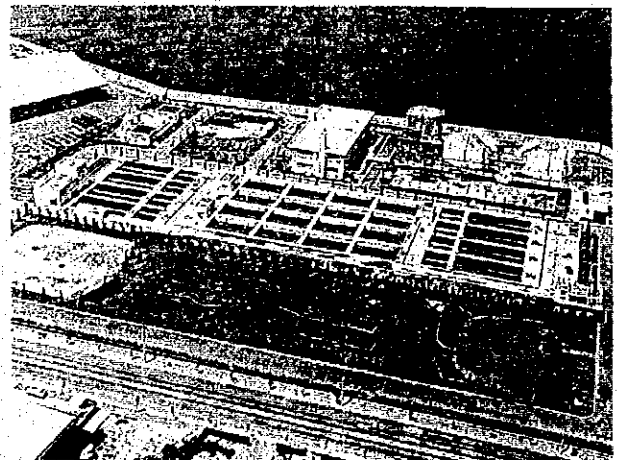
都市人口の急激な増加に対応するために、都市周辺の農地は次々と市街地に変えられていった。また、化学工業の発達とともに過燐酸・石灰窒素など化学肥料が出回り始めた⁴⁶⁾。その結果、大正時代の終わり頃になると、長い間保たれてきた都市とその周辺農村におけるし尿の需給バランスが崩れ、都市のし尿がその周辺農村の農民によって各農地まで運ばれて農業利用されるという構図が崩壊し、都市におけるし尿の汲み取りとその処分が問題となり始めた。こうした背景から、名古屋市では1912年に、東京市では1921年に、農民に代わって市がし尿の汲み取りとその処分を開始した。なお、当時日本の大部分を占めていた農村では、し尿の農業利用は依然盛んに行われていた。

大都市のし尿は、大正時代の終わり頃から昭和初期にかけて次第に農業利用されなくなるとともに処分されるようになったが、太平洋戦争に突入した1941年頃からは、戦況の悪化から物資の不足が深刻化したため、再び肥料として農業利用されるようになった。

（2）下水処理施設（集合処理）の登場

明治時代以来、市街地から雑排水や雨水をすみやかに排除し、河川に放流するという目的で下水道の建設が進んできた。雑排水の量が少ないうちは、処理しないで河川に放流しても、河川の自浄作用により、それほど問題にはならなかった。しかし、明治時代の終わり頃から大正時代にかけて、都市に人口が集中してくるにしたがい、次第に雑排水の量が増大し、河川の汚染が目だつようになってきた。こうした背景から、やがて下水道に下水処理施設が供用されるようになる（図S7-10）。

図S7-10 現在の下水処理施設

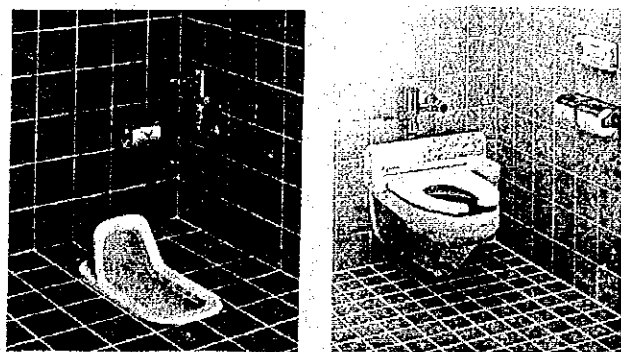


下水処理施設の供用を最初に計画したのは、東京市であった。東京市は、バルトンの東京市下水計画第一報告書が1890年に先送りとなった後、しばらくしてから調査を行い、これに基づいてバルトンの計画を見直し、新たな下水道基本計画として、東京市下水道設計を1907年に策定し、翌1908年に内閣の認可を得、1911年から工事着手した。この下水道では、合流式を採用し、全市を地勢に応じて3つの地区（3系統）に分割し、3地区のうち浅草、神田などが含まれる第2地区に下水処理施設（場所は三河島）を供用した。

下水処理施設（三河島汚水処分工場と呼ばれた）に関して東京市は、1913年に当初計画していた腐敗槽から散水ろ床法へと処理方式を変更した後、1914年に工事着手し、1922年3月26日に施設の一部が完成したのにもない運転を開始し、雨水・雑排水の処理を始めた。そして、その頃し尿の処分に困っていたので、同年7月から流入下水量の1/200以下のし尿を50倍に薄めて幹線下水管に投入し、下水処理施設によるし尿の処理を試みた。その結果、流入下水の有機物および窒素の濃度が約50%ほど上昇したが、処理機能や処理水の水質にはほとんど影響はなかった⁴⁷⁾。こうして、し尿が衛生処理されるようになった。

当時は、便所から排出するし尿は、地方長官が指定する下水道以外の下水道には放流することができなかった。ただし、地方長官の承認する汚物処理槽（浄化槽の一種）を設けた場合は、この限りでなかった。また、地方長官が指定する下水道がある地区のうち、とくに地方長官が指定する区域内における便所は、汲み取り式とすることが禁止された。以上は1920年に制定された市街地建築物法施行規則の第十二条で規定されていたが、東京市は、1922年、この規定に基づく「地方長官の指定する下水道」の指定を警視総監から受け、汲み取り式便所を禁止するとともに、在来の汲み取り式便所を水洗便所に改造するよう市民に働きかけた⁴⁸⁾。このように、し尿を直接下水道に投入することを可能にした下水処理施設の登場は、汲み取り便所から水洗便所へと便所の近代化をもたらす一因となった（図S7-11）。

図S7-11 現在の水洗便所（図左：和風、図右：洋風）



(3) 下水道整備状況⁴⁹⁾

下水道整備は、大正時代の前半には不況対策とされた。したがって、明治時代を通して9市が下水道の建設認可（下水道の築造は、1900年の旧下水道法以後内務大臣の認可が必要となった）を受けたにすぎなかったのに対し、大正時代のわずか14年間には新たに9市3町村が認可を受ける結果となった。

昭和に入ってから10年間（1926～1935年）は、第1次世界大戦後の世界恐慌（1929年）を頂点とした世界的な経済不況という社会情勢下であった。このことは、日本においても例外ではなかった。したがって、日本では失業救済が重点政策として実施された。その結果、失業対策土木事業として、下水道整備が比較的順調に推移し、この10年間に認可を受けたのは新たに24市10町村にも及んだ。

その後の10年間（1936～1945年）は、日中戦争（1937年勃発）から第2次世界大戦へと突入して、極度な戦時体制下であったため、下水道整備はあまり進まなかった。したがって、この期間に認可を受けたのは、新たに8市4町村にすぎなかった。特に、第2次世界大戦中（1941～1945年）には、ほとんど整備が進まず、認可を受けたのはわずかに3市であった。

一方、下水処理施設は、1945年までに、新たに11ヶ所建設され、1922年の三河島污水処分工場と合わせて全部で12となった。なお、1913年に英国で開発された活性汚泥法は、わずか17年後の1930年に日本で初めて名古屋市の堀留、熱田の両処理場に採用され、以後日本の下水処理技術の主流となった。

(4) 上水道整備状況⁵⁰⁾

上水道は、明治時代から伝染病対策として優先的に整備され、大正時代から昭和初期にかけても順調に整備された。その結果、上水道事業数（地方公共団体と民間企業による）、計画給水人口は、1911年には23事業場、4,176,322人であったのに対し、1926年には122事業場、12,782,732人、1935年には277事業場、19,969,896人、1945年には357事業場、25,110,493人にも達した。なお、総人口は、1925年が59,737,000人、1935年が93,419,000人、1945年が103,720,000人であった⁵¹⁾。

(5) 個別処理（浄化槽）による処理の始まり

大正時代に入ると、西洋文化が浸透してきたことや上水道が普及してきたことなどから、大都市における駅やビルなど公共の場所には、水洗便所が設置されることが多くなった。とくに、東京市では、都心に建てられたビルの便所はいずれも水洗便所となった。当時の水洗便所は、汚物掃除法施行規則（1900年制定）により、汚水溜め（ピット）を設け、その内容物を全量汲み取ることとなっていた⁵¹⁾が、不法に投棄するものが多く、悪臭がひどくなり、社会問題となった⁵¹⁾。

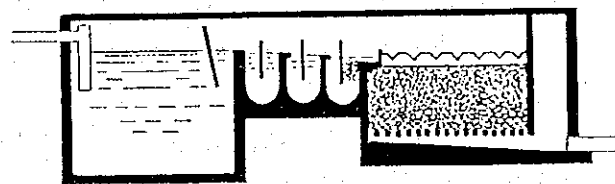
一方、東京海上ビル（東京丸の内・1914年着工）の水洗便所の場合、汚物掃除法施行規則に沿った形でも検討されたが、高層建築であったことから、汲み取り量が膨大となるた

め、浄化槽を設置することが計画された。この計画は、浄化槽を介して便所排水（し尿＋水）を下水道に放流するため、放流を禁止した汚物掃除法施行規則に触れた。したがって、東京市当局から許可を得た上で実施された⁵²⁾。このように浄化槽で処理した上で放流したため、生活環境の汚染には至らなかった例もあった。なお、浄化槽は初めて設置されたのが明治時代末頃で、その後大正時代に入ってからいくつか設置されるようになっていた。

こうした背景から、1920年、市街地建築物法施行規則（市街地建築物法1919年公布）が施行されるとともに汚物掃除法施行規則が追加修正され、地方長官が許可した汚物処理槽（浄化槽の一種）を設ければ処理水を公共の溝渠、下水道、河川など公共用水域に放流できるようになった。これによって、浄化槽は初めて法的に位置づけられ、水洗便所への付属が促された⁵³⁾。ただし、市街地建築物法施行規則により、地方長官が指定した下水道地区（下水処理施設を供用した地区）では、水洗便所に浄化槽を付属する必要はなかった。

その後、1921年、現在の構造基準に相当する水槽便所取締規則（警視庁令）が出され、初めて浄化槽の構造、放流水質、維持管理基準などが決められた。以後、浄化槽はこの基準に沿ったものしか使用できなくなり、この基準に沿ったものが開発されるようになった（図S7-12）。

図S7-12 1921年頃の浄化槽
（腐敗槽＋散水ろ床）⁵⁴⁾



昭和に入り、1937年の日中戦争を経て、1941年の太平洋戦争へと進み、世の中が戦争一色となるにしたがい、下水道など生活環境整備はほとんど省みられなくなった。それでも、太平洋戦争前には、戦力増強を目的とした国民健康増進のため、水洗便所の設置が推奨されたり、それ以外の地域には便池を改良して便池内のし尿の滞留時間を100日程度にし、寄生虫卵や病原菌の死滅をねらった厚生省式改良便所⁵⁵⁾と呼ばれる汲み取り式便所の設置が一時的に促されたりした。しかし、いずれも太平洋戦争突入によって消滅した。

S7-5 戦後の復興期（1945～1965年） －有効利用の復活から再度廃棄物へ－

明治時代以来の帝国主義は、1945年、敗戦によって終わりを告げた。こうして日本は、1945年から対日講話条約が調印される1951年まで連合軍の占領下に置かれ、GHQ（General Headquarters of the Supreme Commander for the Allied Powers：連合軍最高司令官総司令部）によって非軍事化と民主化が図られた。

終戦直後の都市は、戦時中の空襲によって一面焼け野原となり、生活環境が極めて不衛生であった。したがって、伝染病が流行し、再び衛生が重視されるようになった。また、経済がほとんど機能しなかったため、あらゆる物資が極度に不足した。そこで、戦時中に引き続き、し尿は都市、農村に限らず貴重な肥料として農業利用された。しかし、経済の回復とともに都市の復興が進むにつれ、再び都市のし尿が農業利用されなくなり、その処

分が問題となってきた。そこで、し尿処理施設が登場することとなった。

(1) 終戦直後の生活環境とし尿処理

終戦直後の日本は、生活環境が極度に荒廃していたため、非常に不衛生な状況にあった。そこで、GHQは、伝染病の流行を防ぐことを公衆衛生における最重要課題とし、DDT散布と水道水の塩素消毒を積極的に行った。その結果、大部分の伝染病については流行を抑止することができた。しかし、赤痢を中心とする水系伝染病は流行した。赤痢の患者数は、1945年が約9万6千人、1946年が約8万8千人であった。この2年間は、戦時中の1941~1944年でさえ5万人台であったことを考えれば、患者数が急増したと言える。その後、1947年からは減少し、1950年から再び増加し始め、1952年には明治以来の大流行となり、患者数11万1千人に達し、翌1953年も引き続いて約10万8千人を数えた。1950年以降の赤痢の大流行は、当時雑排水やし尿の衛生処理が行われていなかったために、患者や保菌者のし尿が水を汚染し、この水が飲用水として使用されたことやその汚染された水域の魚貝類が食物とされたこと、あるいはハエなどの媒介によって発生した。このように当時は、し尿の無秩序な処分が行われたために、水道水源が汚染され、上水道を介した赤痢の発生が何件か起こった⁵⁶⁾。

し尿は、大正末期から昭和初期にかけて大都市で廃棄物として扱われてきたが、戦争によって経済が破綻し、絶対的物不足となった戦中と戦後からの数年間は、再び貴重な肥料として扱われた。とくに戦後間もない頃は、焦土の中の空き地という空き地が自家菜園に換えられ、そうした農地には自分達のし尿は言うまでもなく道路に落ちている馬糞までもが肥料として用いられた。しかし、朝鮮戦争が勃発した1950年頃から経済が本格的に立ち直り始めると、状況は再び変化してきた。都市人口が急激に増加し始めたことと、化学産業の復興とともに化学肥料が農村に普及し始めたことによって、都市のし尿がその周辺農村で農業利用されなくなり、再び処分され始めた。なかでも化学肥料は、寄生虫に関して問題とされていたし尿に対し、取扱い易く、寄生虫問題もない上に速効性が高かったため、相対的にし尿の肥料としての価値を急速に下げていった⁵⁷⁾。こうした急激な変化に対応するために、下水道以外に、東京では1950年からやむなく海洋投棄など応急処分を始め、川崎市では1949年から窮余の策として砂地処分を実施した。こうして、1955年頃になると、大部分の都市でし尿処分が深刻な問題となってきた。

(2) し尿・雑排水処理行政の担当官庁の推移⁵⁸⁾

上下水道行政は、明治時代以来内務省によって一元的に行われてきたが、1938年、厚生省が内務省から独立した際に、内務省土木局と厚生省衛生局の共管となった。その後内務省は、GHQ民生局長ホイットニー (Courtney Whitney) の勧告によって、1947年12月31日に廃止されたが、内務省土木局が所管した上下水道行政は、翌1948年1月1日に設置された建設院の都市局水道課にそのまま引き継がれた。その後建設院は、1948年7月10日に建設省となった。

この頃の上下水道行政は、建設省と厚生省の両省によって共管されていたが、両省の所

管の領域が明確でなかったため、行政の停滞が生じていた。そこで、長期間にわたり多方面で議論された結果、1957年、下水道の管渠は建設省、下水処理施設と上水道は厚生省、新たに工業用水は通産省とした上下水道行政の三分割案が閣議決定された。ここで下水道行政は、管渠が建設省、下水処理施設が厚生省と、二分割されたが、その後、1967年の閣議決定により、下水処理施設が厚生省から建設省へ移管された。こうして、下水道が建設省、上水道が厚生省の所管となり、現在に至った。

(3) し尿処理施設の始まり

都市におけるし尿の処分が社会問題となった1950年、経済安定本部資源調査会はし尿の化学的衛生処理による衛生的な資源化の勧告を出し、し尿収集の機械化とし尿の嫌気性消化処理が最も合理的であることを国に示した。このことが、現在の収集→処理施設を方向付けた。その後、1952年、日本学術会議はし尿処理打開策の勧告を国に出した。これらの勧告を契機に、大学、公的研究機関、民間でし尿処理技術の研究開発が始まった。そして、1954年、市町村及び一部事務組合が建設、維持管理するし尿処理施設に対して国庫補助が法的に認められるようになった⁸⁰⁾。こうして、し尿処理施設の建設が始まった。

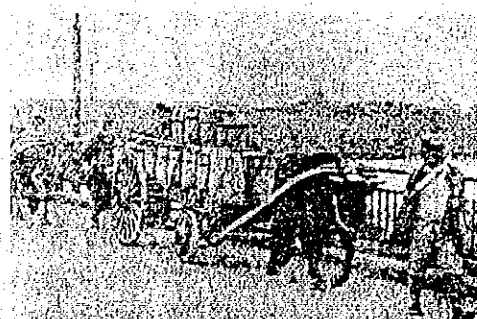
なお、一部事務組合とは、複数の市町村が共同でし尿処理施設、下水道、ごみ処理施設などの維持管理を行う事業形態であり、複数の市町村において事業規模がそれぞれ小さい場合に各市町村ごとに維持管理を行うよりはむしろ共同で行う方が効率的かつ経済的であると判断された場合に適用されるものである。

(4) し尿収集形態の変化

し尿の収集形態は、農地還元が盛んに行われていた時代は、農民が木製の汲み取り桶をかついで各家の便所を回り、その中にし尿を汲み取り、一杯になると農地まで運ぶというのが一般的であった。江戸時代は、し尿の価値が上昇した後半になると、専門の業者によるし尿の汲み取りも行われた。大正時代は、大都市においてし尿が有価物から廃棄物へと変わり、し尿の汲み取りが市の業務になり、市及び一部事務組合の職員や市及び一部事務組合が委託した民間業者によってし尿の汲み取りが行われるようになった。しかし、市の財政がぜい弱な上、清掃事業に対する認識が低かったため、収集運搬の改善はなされず、相変わらず汲み取り桶が使われていた。

昭和に入ると汲み取り桶はリヤカーでまとめて運搬されるようになった(図S7-13)が、汲み取り作業自体は依然変わらなかった。しかし、経済が回復し、都市の人口が増加し、汲み取りの対象が増加するようになると、汲み取り作業の能率化が重要になってきた。さらに、都市の復興が進んだため、汲み取り桶が悪臭を漂わせながらリヤカーで運ばれると

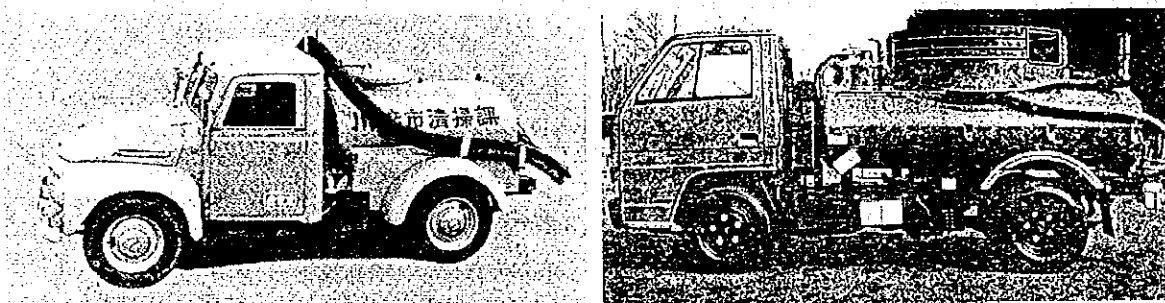
図S7-13 戦争直後のし尿運搬収集⁸⁰⁾



いう姿が都市には似合わなくなり、収集運搬の改善を求める声が高まってきた。こうした背景から、川崎市では、1949年からバキュームカーによるし尿収集の機械化が計画され、1952年から実施された。また、全国的にもこの頃から汲み取りの機械化が図られた⁶¹⁾。

当時のバキュームカーは、トラック上に鋼鉄製し尿タンク、真空ポンプ、さらに鋼鉄製し尿タンクに連結されたホースを登載したもので、便池のし尿をホースを介して鋼鉄製し尿タンクまで、真空ポンプによって自動的に吸い上げる構造であった⁶²⁾。したがって、以前のように作業員が直接し尿を汲み取る必要はなく、非常に衛生的であった。なお、この構造は、現在のバキュームカーとほぼ同じである(図S7-14)。

図S7-14 バキュームカー



開発当初⁶³⁾

現在

(5) 都市のし尿処分の方す

戦後は、経済が復興してくるにしたがい、し尿の汲み取りを行う市町村が増加してきた。その数は、1957年には、ほぼ全市と約300の町村にまで達した。これらの市町村は、直営または許可業者によってし尿の汲み取りを行い、し尿処理施設、下水道投入、農地還元、海洋投入などで処分していた。そのうち海洋投入は、全国で44もの都市が実施するに至り、これら全てを合わせると一日約4,500klにも達した。したがって、当時は海洋投入が農地還元に次ぐ主要な処分方法とされた⁶⁴⁾。

海洋投棄の増加は、都市における切迫したし尿処分問題を一時的に解決した反面、海洋汚染を引き起こした。東京湾では、東京都に加えて東京湾沿いの川崎市や横浜市などの大都市が相次いで海洋投入を行ったため、汚染が年々進み、やがて、深刻な問題となった。そこで、1972年、中央公害対策審議会によって沿岸50海里以内投棄禁止など規制が出された。こうして、海洋投入は次第に減少していったが、現在でも一部行われている。

(6) 上下水道等の整備状況^{65), 66)}

下水道の建設認可数は、1945年までは50市17町村であった。その後、1950年までには67市6町村、1955年までには116市14町村、1965年までには179市19町村に達した。普及率(処理人口/総人口)にすると、1965年現在で8%(816/9,827万人)⁶⁷⁾となった。

一方、上水道（計画給水人口が5,000人を超えるもの）の普及率（給水人口／総人口）は、1960年が42.8%（40,025／93,420千人）、1965年が57.4%（56,422／98,275千人）であった。これに簡易水道（計画給水人口が101人以上5,000人以下のもの）と専用水道（共同住宅など特定の人々だけが使用する自家用の水道で、かつ計画給水人口が101人以上のもの）を加えると、1960年は53.4%、1965年は69.4%となる。

（7）浄化槽の状況⁶⁹⁾

水槽便所取締規則が制定（1921年）された後、各府県によってこれとほぼ同様な内容の地方条例が制定された。その後、1950年、市街地建築物法に代わって建築基準法が制定され、全国で制定されていた地方条例を統合した共通の構造基準が新たに制定された。ここで規定された浄化槽は、多室型腐敗槽、散水ろ床、消毒槽を組み合わせたもので、基準型と呼ばれた。こうして基準型の設置が始まったが、この基準型には、ろ床の維持管理が難しいこと、放流のためにポンプを必要とする場合があること、建設費が割高であることなどの欠点があった。その上、建築基準法では特定行政庁がこの性能と同等以上であると認めれば、基準型以外でも設置できるとしていたため、その後基準型に代わって特殊型と呼ばれる平面酸化型の浄化槽が全国で200種類以上でき、1962年には基準型の設置数を上回る結果となった。

建築基準法が制定された当時、浄化槽は汚物掃除法と建築基準法の規制を受け、設置に際しては、建築基準法により全て建築主事の確認が必要とされた一方、汚物掃除法により都道府県知事の許可が必要とされた。このように行政上重複した手続きが必要であったため、1954年に汚物掃除法に代わって清掃法が制定された際に、建築物の新築と同時に設置される浄化槽は建築主事の確認のみに統一すること、その他のものについては清掃法に基づく届出とすることとされた。放流水の水質基準については、地方条例で定められた水質基準を一応の目安とすることとされたが、実態とあまりかけ離れることはかえって規則が守られなくなる点を考慮して、COD（Chemical Oxygen Demand）の除去率は基準から除外され、また住宅用等の小型浄化槽の性能がとくに劣っていたので、使用人数50人のものを境に放流水の基準に差を設ける等の措置が設けられた。

清掃法の制定によって規制が緩和されたことも要因となって、単独処理浄化槽は次第に増加していったが、その一方で放流水による苦情が各地におこり、浄化槽の改善が要望されるようになった。そこで、浄化槽の容量算定基準が検討され、その結果がJISに定められた。この基準では、建築基準法で規定されていた最小容量をさらに拡大し、腐敗槽は1.5m³、酸化槽はその1/2とした。さらに、それまで浄化槽の容量を使用人数で呼称していたものを建築物の大きさや用途などから算定し、実際の容量で表現した。これを機会に、大部分の都道府県では、実際上の行政指導の基準をJISにおいた。

S 7 - 6 昭和後期 (1965~1989年)

- 高度成長とそのひずみ、環境問題の発生 -

高度成長期は、重化学工業を中心として経済が急激に発達した反面、激しい公害が発生した。そこで、1960年代の後半から1970年代にかけて、公害問題への関心が高まる中、公害対策関係の法律が体系的に整備され、同時に政府による公害対策事業が推進された。さらに、このような動きを受けた民間企業による技術開発と公害防止施設への積極的な投資、製造工程の改善及びこれらに対する政策支援、石油危機（中東産原油の公示価格高騰と生産量削減によってもたらされた日本国内における急激な石油不足。第1次が1973年、第2次が1979年）を背景とした省エネルギーの推進により、産業公害は一応解決された。

しかし、水質汚濁に関しては、内海、内湾、湖沼等の閉鎖性水域の有機汚濁の改善が立ち遅れた。このため、1970年代後半に水質総量規制制度が導入され、工場等の排水に対して総量規制基準が適用されるとともに下水処理施設を有する下水道やし尿処理施設等の整備が積極的に行われるようになった⁶⁹⁾。こうしてし尿・雑排水処理施設の役割には、衛生という面以外に環境という面が新たに加わった。

(1) 水質汚濁に関する法整備⁷⁰⁾

水質汚濁問題に関しては、公共用水域の水質の保全に関する法律及び工場排水等の規制に関する法律が1958年に制定されていたが、これに代わって1970年に水質汚濁防止法が制定され、工場からの排水の濃度を規制するとともに、監視や指導を行うことになった。しかし、広域的な閉鎖性海域の水質改善を図るためには、その海域に流入する汚濁負荷量の総量を全体的に削減することが必要であることから、1978年に水質汚濁防止法が改正され、水質総量規制制度が制度化された。

この改正により、東京湾、伊勢湾及び瀬戸内海において、化学的酸素要求量（COD）についての総量規制が実施されることとなった。第1次総量規制は1984年度、第2次は1989年度を目標年度として実施され、現在1994年度を目標年度として実施されている。この中では、目標年度における削減目標量を決め、その達成のため、一定規模以上の事業場からの排水、あるいは下水処理施設、し尿処理施設からの処理水等についての総量規制基準の適用、下水道の整備等の汚濁負荷量削減対策が実施されている。

湖沼に関しては、閉鎖性の水域であることから、汚濁物質が蓄積しやすいため、河川や海域に比べて環境基準の達成状況が悪く、また、富栄養化に伴い、各種の利水障害が生じていた。このような湖沼の水質汚濁の原因は、湖沼の集水域で営まれる諸産業の事業活動から人々の日常生活に至るまで多岐にわたっており、その水質保全のためには、従来からの水質汚濁防止法による規制だけでは不十分であった。そこで、1984年に湖沼水質保全特別措置法が公布され、1985年3月から施行された。この法律は、水質環境基準の確保が必要な湖沼を国が指定し、湖沼水質保全計画を関係都道府県が策定し、下水道整備等の水質保全に役立つ事業、各種汚濁に対する規制等の措置、さらには湖沼の自然環境の保護等の対策を総合的に行うものである。

(2) 流域別下水道整備総合計画と流域下水道の始まり

1960年代にかけて、経済の高度成長にともない、河川、湖沼、海域の水質汚濁が進み、深刻な公害問題へと発展した。このような事態に対処するために、1967年に公害対策基本法が制定され、水質環境基準が定められた。さらに、1970年の臨時国会（公害国会と呼ばれる）では、S7-6(1)で述べたように、水質汚濁防止法が制定された。この際、下水道の果たす役割についても、生活環境の改善だけでなく、公共用水域の水質汚濁を防止し、貴重な水資源を保全するという役割が大きく着目されることとなった。

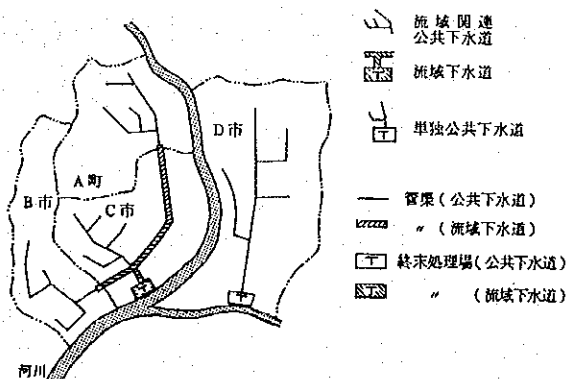
公共用水域の水質保全は、広域的な行政の中で効率的に実施する必要がある。とくに下水道の整備は排水規制の強化と並び最も基本的な対策であることから、公共用水域の水質汚濁防止を図っていく上で、当該流域全域にわたっての、最も合理的な下水道整備に関する総合的な基本計画を個別の下水道計画の上位計画として策定し、これに基づいて下水道計画を進めていくことが不可欠になってきた¹¹⁾。

そこで、1970年の下水道法（1900年の旧下水道法に代わって1958年に制定された新下水道法。1967年に一部改正され、下水処理施設が厚生省から建設省へ移管された。）の改正に当たって、公共用水域の水質環境基準を達成するために必要な下水道整備に関する総合的な基本計画（流域別下水道整備総合計画）を、都道府県が策定すべき旨の規定が下水道法に追加された。また、これに先立って1965年には寝屋川で流域下水道が初めて着手された。流域下水道は、その後大都市周辺に限らず広域的な下水道整備の手法として全国的に実施されるようになり、1992年3月末現在で39都道府県86カ所で実施されるに至った。

この流域下水道とは、2以上の市町村の区域にわたり下水道を整備するものであり、とくに水質保全が必要である重要水域を対象として実施する下水道施設である。一般の下水道（公共下水道）は事業主体が市町村であるのに対し、流域下水道は都道府県が事業主体となる。その施設は、幹線管渠、ポンプ場、終末処理場（下水処理施設）から構成されており、その設置、管理は原則として都道府県が行うものとしている。また、市町村は計画区域内の雨水、し尿・雑排水を排除するために、流域幹線管渠に接続する枝線管渠からなる関連公共下水道を設置、管理する。したがって、流域下水道は、この関連公共下水道と一体的かつ先行的に整備を行う必要があり、互いに整備の進捗を調整することにより、効果を生じるものである（図S7-15）¹²⁾。

その特徴としては、流域内における最適な処理区域及び下水処理施設の位置を選ぶことができる、広域的な処理区域を持つため流入する下水の量及び質が平準化されるので安定した処理を行うことができる等がある。しかし、その一方で、上流部ではなかなか整備が進まない、幹線管渠が太くなりすぎ費用効果の点で疑問がある、河川の自流量が減少し自然の保全が難しくなる等の問題も抱えている。

図S7-15 流域下水道のしくみ



(3) し尿処理技術の変遷⁷³⁾

日本政府は、1956年6月、嫌気性消化処理方式(1953年から本格的に建設開始)に対して消化槽の構造等の基準を定め、市町村(一部事務組合含む)のし尿処理計画に技術的な指針を与えた。さらに、同年10月には、し尿処理基本対策要綱(5ヶ年計画)を発表し、海洋投入の原則的禁止およびし尿の陸上処理切り換えを呼びかけた。こうした行政施策によって、嫌気性消化処理方式は全国に普及し、1975年頃までの主流技術となった。この処理方式は、酸素が存在しない環境で活動する嫌気性細菌を用いてタンパク質、炭水化物、脂肪その他を水、二酸化炭素、アンモニア、メタンなどに分解するものであり、装置が簡単である上に、反応に要するエネルギーが少ないので経済的に優れていたが、処理に30日間を要する、臭気対策に難点がある、広い敷地を要する、窒素分を除去できない、高度に浄化された処理水を得にくいなどの欠点があった。

そこで、1950年代中頃からは、とくに敷地面積と処理時間の改善を目的とした新しい処理方式の研究開発が積極的に行われた。その結果、まず化学処理方式が実用化された。この処理方式は、し尿に硫酸鉄・消石灰などの薬品を凝集剤として添加し、凝集し尿を沈殿分離などで固液分離した後、分離水を生物処理する方法であり、嫌気性消化処理方式に比べて、敷地が狭くてすむ、迅速に処理できるなどの特徴があった。この処理方式による施設は、1957年に初めて静岡県で建設され、その後、1961年4月からは国庫補助対象施設となり、多い年では年間10ヶ所程度建設されたが、薬品を多量に使用すること、それに伴って汚泥が多量に発生すること、また処理が不安定であったことなどから、1966年以降ほとんど建設されなくなった。

この頃の処理技術は、嫌気性消化槽や化学処理などの一次処理に、二次処理として散水ろ床を組み合わせたものが一般的であった。しかし、散水ろ床での効率や維持管理上の問題が生じたため、次第に二次処理に活性汚泥法が取り入れられるようになった。その後、活性汚泥法の研究や二次処理を活性汚泥法とした施設が増加するにつれ、室内・現場での実験や実施設での運転結果から、嫌气的条件下より好气的条件下の方が有機物を早く分解できることが解明されたため、一次処理の段階でも活性汚泥法を採用した好気性処理方式、いわゆる酸化処理方式の研究開発が1959年頃から数社のメーカーによって開始された。この処理方式では、反応速度が嫌気性条件下の場合より速いので、処理水槽の容積を小さくできるため、施設全体をコンパクトにできる。したがって、水槽、機器をすべて建屋内に収納し、デザイン的にもし尿処理施設らしくないイメージの外観を持つ施設を作ることができるようになった(図S7-16)。

図S7-16 し尿処理施設（図左：嫌気性消化処理方式、図右：酸化処理方式）



この処理方式による施設は、1961年4月から国庫補助対象施設となり、同年、数カ所の自治体で採用され、その後年々増加した。そして、1975年頃には、し尿処理量で嫌気性消化処理方式による施設と肩を並べるまでになった。酸化処理方式に続いて、湿式酸化処理方式が登場した。この処理方式は、1964年に米国から技術導入されたが、下水汚泥処理用に開発されたものであったため、1965年からし尿処理に適用するための研究が始められ、翌1966年に実用化されたものであり、し尿を高温・高圧下で空気を用いて酸化分解し、その処理水を活性汚泥処理するというものである。その特徴には、嫌気性消化処理方式と比べて施設が小さい、汚泥の焼却設備が不要等がある。実施は、1967年4月から国庫補助対象施設となり、翌1968年に新潟県に完成した後、1976年までに全国で31ヶ所建設された。しかし、し尿を高温・高圧下に保つための維持管理が大変であったこと、あるいは、この処理方式は有機物濃度が高いし尿の処理に適していたが、1970年代を通じて浄化槽が普及してきたため、全国的に施設に持ち込まれる浄化槽汚泥（BODは通常し尿の半分以下。し尿と混合して処理される。）が増加し、混合し尿（し尿と浄化槽汚泥を混合したもの）として処理する際の有機物濃度が低下したことなどを理由に、1977年以降は建設されなくなった。

以上の処理方式はいずれも、し尿に存在する病原細菌・ウイルス・寄生虫卵などを除去すること、または死滅させること（し尿の安全化）が主要な目的であった。この安全化とあわせて、し尿に含まれる有機性汚濁物の分解や除去も行われていたが、1960年代後半から1970年代にかけて水質汚濁が社会問題となる中で、1970年代後半に次々と制定された法律における水質規制値を満足することは困難であった。そこで、凝集分離法によるCOD（Chemical Oxygen Demand）およびリン除去法、オゾンによるCODおよび色度除去法、生物学的脱窒素法による窒素除去技術、薬液による脱臭技術などが開発され、これらの技術が1972年頃から一部の施設で採用され始めた。

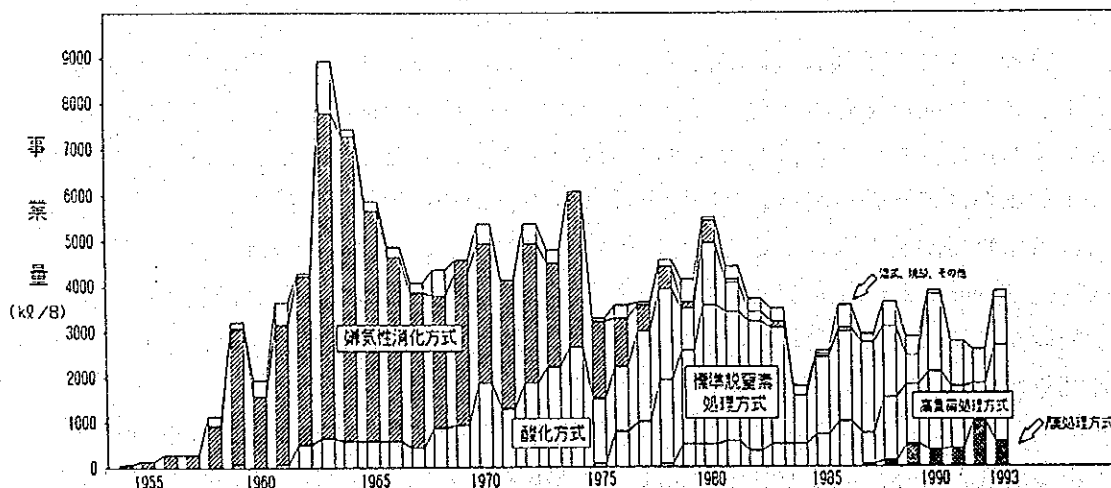
なかでも、生物学的脱窒素法（標準脱窒素処理方式）の登場は、し尿処理技術の歴史の中で大きな転機となった。この処理方式は、1975年頃に研究開発され、従来の処理方式によるBODの除去方式とは全く異なる原理によりシステム化され、それまでの処理方式で

は達成し得なかった処理水質を得られるばかりか、処理水槽から悪臭がほとんど発生しないなど、画期的なものであった。とくに、富栄養塩の一つである窒素の除去という点で非常に優れていた。し尿中には 3,000～5,000mg/l の高濃度の窒素分が存在するが、従来技術では BOD 及び SS は除去できても窒素分は十分除去できなかったのに対し、標準脱窒素処理方式では、硝化菌による硝化作用（酸化）と脱窒素菌による脱窒作用（還元）の両作用を活用して、し尿中の窒素分を最終的に窒素ガスに変換することによって、窒素分の大部分を除去することが可能となった。この処理方式による施設は、1972年に三重県に初めて登場し、1976年に国庫補助対象施設となり、その後急激に普及した。こうして、標準脱窒素処理方式は、1980年頃から酸化処理方式に代わる主流技術となった。

し尿処理技術は、標準脱窒素処理方式の開発成功によって、公共用水域の富栄養化を防止する社会的なニーズにこたえることができた。しかし、1973年の第1次石油危機を契機として、省資源・省エネルギーが時代の要請となったことや、都市化の進行とともに建設用地確保が困難となったことなどを背景に、希釈水の低減化や施設のコンパクト化が新たに要望されるようになった。そこで、こうした要望を実現する高負荷脱窒素処理方式が1977年頃から登場し始めた。また、一般的にし尿の処理効率も固液分離装置の特性に大きく支配されるが、標準脱窒素処理方式や高負荷脱窒素処理方式では重力分離による固液分離（重力によって汚泥と処理水とを分離する）を行っていたため、分離性能が不安定であった。そこで、高負荷脱窒素処理方式の固液分離に限外ろ過膜を使用し、分離性能の向上を図った膜分離高負荷脱窒素処理方式が1987年頃から登場し始めた。こうして現在では、標準脱窒素処理方式、高負荷脱窒素処理方式（1977年から国庫補助対象施設）、膜分離高負荷脱窒素処理方式（1986年から国庫補助対象施設）の3方式による施設が主流となっている。

なお、し尿処理施設の事業量の推移と処理方式の変遷については、図S7-17に示す通りである。

図S7-17 し尿処理施設の事業量の推移と処理方式の変遷⁷⁴⁾



(4) 単独処理浄化槽の普及

高度成長期を通して経済が発展し、国民の生活レベルが向上していきにしたがい、単独処理浄化槽はますます増加していった反面、公共用水域の汚染問題に関連して、放流水質が新しい問題を提起するに至った。そこで、単独処理浄化槽の構造や維持管理基準、さらに行政の取扱いについて検討がなされた結果、1969年に建築基準法施行令が一部改正された。その内容は、特定行政庁が衛生上の観点から区分する区域特性と処理対象人員に応じて、処理水BOD濃度とその除去率の基準を段階的に設け、それぞれの処理方式の単独処理浄化槽の構造基準を定めたものであった。

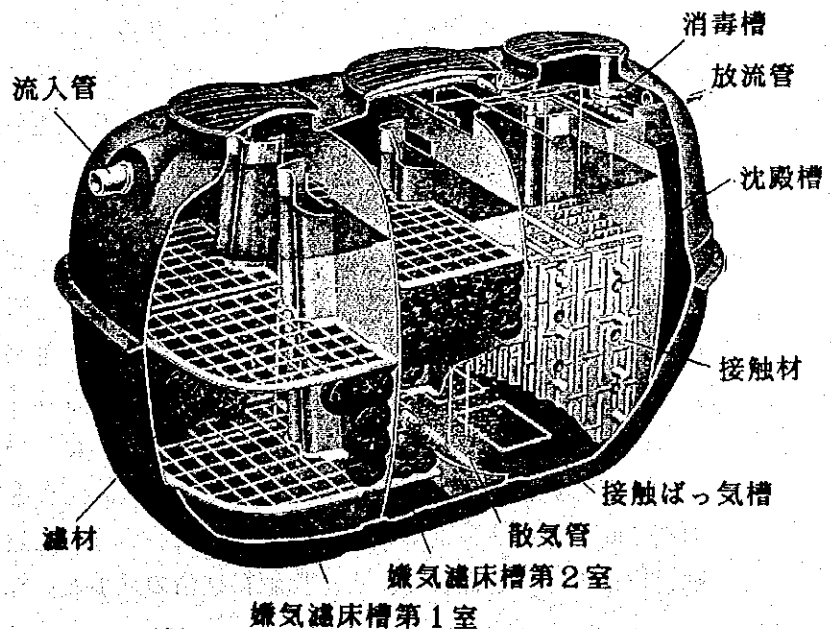
家庭向けのFRP製小型単独処理浄化槽（10人以下）は1960年頃⁷⁵⁾から登場したが、1969年に浄化槽の性能基準と構造基準が正式に定められたことによって、この基準に沿ったFRP製の単独処理浄化槽が新たに製造され始めた。この浄化槽は、工場で大量生産され、比較的安価であった上に、下水道の整備がそれほど進まなかったため、国民の水洗化への要望の高まりを背景に都市部の下水道が整備されていない地域を中心に急速に普及していった。

(5) 合併処理浄化槽の登場

高度成長期をむかえ経済活動が活発になるにしたがい、水の使用量は急激に増加した。なかでも、工業用水の増加が顕著であった。このことは、当時日本経済が急速に工業によって発達したことを表している。1975年頃からは、工業用水の再利用が進んだことにより、その使用量があまり目立たなくなったのに対し、生活用水の増加が顕著となってきた。これは、高度成長期を通して次第に生活様式が変化したことにより、例えば便所の水洗化や内風呂というように、各家庭の生活の場における水の使用量が増加したためである。生活用水が増加したことによって、雑排水の排出量が必然的に増加したため、河川の水質汚濁など環境問題を招いた。

下水処理区域外の家からの雑排水が、水質汚濁の主な原因として、クローズアップされ始めたため、1980年頃に家庭向けの小型の合併処理浄化槽（10人以下が主流）が開発された（図S7-18）。この浄化槽は、単独処理浄化槽に比べてコストが高かったため、当初それほど設置されなかった。そうするうちに、雑排水による水質汚染問題はさらに深刻化した。そこで、

図S7-18 合併処理浄化槽⁷⁶⁾



厚生省は1987年に合併処理浄化槽の設置に対する国庫補助制度を創設し、家庭用の小型なものを含めて全国的に合併処理浄化槽の普及を図った⁷⁷⁾。この補助金は、合併処理浄化槽の設置者に直接交付されるのではなく、設置しようとする者に対して市町村が助成した場合、国（厚生省）がその市町村に対して補助する仕組みとなっている。こうして、雑排水の処理が急速に推進されるようになった。

(6) 小規模集合処理システム

1) コミュニティプラント⁷⁸⁾

1951年頃から住宅団地、大規模な学園・病院・兵舎等に小規模な雑排水処理施設（コミュニティプラント）が設けられるようになった。しかし、これらは全て水洗便所から出るし尿・洗浄水とともに雑排水を合併して処理する施設であったため、従来のような水洗便所から出るし尿・洗浄水のみを処理する腐敗槽型の単独処理浄化槽の構造をそのまま適用することはできなかった。また、当時は合併処理に関する技術的研究はほとんど行われていなかった。そこで、当初は、米軍キャンプの施設が参考にされ、散水ろ床法が多く採用された。

1956年10月、厚生省はし尿処理対策の一環として散水ろ床法の小規模な雑排水処理施設を共同し尿浄化槽の名のもとに普及を図る方針を決定した。そして、1966年からは、中期経済計画において、これら小規模な雑排水処理施設を初めてコミュニティプラントと称し、国庫補助を認めて計画的にその普及を促進した。こうして、コミュニティプラントは次第に施設数が増加するとともに技術が向上し、かつての散水ろ床法から活性汚泥法が採用されることが多くなった。

建築基準法及び清掃法では、水洗便所から出るし尿・洗浄水を放流するためには公共下水道によるか、単独処理浄化槽によらなければならなかった。コミュニティプラントの場合は、単独処理浄化槽として取り扱い、その規制を受けなければならなかったが、建築基準法に基づく浄化槽の構造基準によって取り扱うことは技術的に不可能であった。そこで、日本住宅公団は、合理的な設計・入札の一つの指標として、1967年からコミュニティプラントの構造の基準化を図った。その後、コミュニティプラントの構造は、1979年、厚生省によって地域し尿処理施設構造指針として定められた。そして、1990年には、コミュニティ・プラント構造指針として改定された。

2) 農村部におけるし尿・雑排水処理

下水道、浄化槽、し尿処理施設は、都市の中から生まれ、都市の発達とともに普及していったということを考えれば、一種の都市文化と言える。それらは、現在もなお都市部を中心として発達している。このように都市部の生活環境が優先的に改善されたのに対し、農村部の生活環境はさほど改善されなかった。ここでは、都市部と比較しながら農村部におけるし尿・雑排水処理の変遷についてみていく。

古代から近世にかけて、日本は農業の発達とともに発展してきた。農業生産力が国力を意味し、農業政策が国策とされてきた。こうした農業重視の政策は、農業技術と肥料技術の進歩を促した。とくに肥料技術の進歩という点で人間のし尿が肥料として

用いられるようになったことは、都市部、農村部を問わず、後々まで日本のし尿・雑排水処理に大きく影響する。非農業人口の集団という意味での都市は7世紀頃から現れたが、し尿の農地還元が普及するまでは、都市部に限らず農村部においても、人々は川で用を足したり、あるいは野山で用を足したりというように、適当な場所でし尿を処分していたと思われる。

12世紀後半頃になると、し尿は全国的に肥料として農業利用され、貴重な資源として有効に利用されるようになった。こうして、日本では都市部においてもし尿処分をとくに考える必要がなくなった。雑排水は、その処分に関する記述はほとんど残されてはいないが、農村部では水田のかんがいを目的とした水路が必然的に整備されたため、そうした水路によって排除されることが多かったのではないかと考えられる。こうした「し尿は農地還元、雑排水は適当に排除」というし尿・雑排水の処分形態は、昭和の中頃まで大都市のごく一部を除いて日本各地で行われていた。

高度成長期に入る頃からは、全人口に対する都市部人口と農村部人口の比率に大きな変化が起こる。高度成長の過程で日本経済は重化学工業基軸の経済構造へと変化していき、農業は衰退を余儀なくされた。これによって、農村部の人口は次第に都市部へと流れていき、都市周辺の農村は都市へと換えられ、場所によっては過疎化が進む農村さえ現れるようになった。都市部ではやがて下水道、浄化槽、し尿処理施設が整備され、し尿だけでなく雑排水までもが処理されるようになったが、農村部では整備はいっこうに進まなかった。農村部の生活環境施設の整備状況について、人口10万人以上の都市部と比較すると、1990年でさえ下水道普及率は都市部46%に対して農村部6%、し尿処理率についても都市部98%に対して農村部85%であった⁷⁰⁾。

このように日本の農業、林業、漁業地を含めた農村部は、総人口の約4割が生活する重要な生活空間であるにもかかわらず、生活環境という点では都市部に比べて大きく立ち後れた状況となった。その上、近年、農村と農地の混在化が進んできたことや、農村においても生活が都市化してきたことなどにより、農業用水の水質汚濁が次第に問題となってきた。こうした農村部の事情や、大都市において下水道整備が一段落してきたことなどが要因となって、最近ようやく農村部における生活環境が見直されるようになってきた。その一環として、1983年から農林水産省の農業集落排水事業（Rural Sewerage Project）が開始され、農村部の生活環境及び農業用水の水質等の改善が図られるようになった。

3) 特定環境保全公共下水道⁸⁰⁾

近年、国民のレクリエーション活動が活発になり、阿寒湖・十和田湖等、良好な自然環境が保たれている地域を訪れる観光客が年々増えてきた。その結果、湖沼に流入するし尿・雑排水が増加して、透明度が低下したり、異臭が発生したりするような現象が見られるようになった。また、農村などの集落では、都市型の生活様式が一般化し、水洗化が進む一方、雑排水の量が増大して農業用水などの水質が悪化する事例が増えてきた。

こうした状況を改善するために、1975年から特定環境保全公共下水道事業が実施された。これは、市街化区域（市街化区域が設定されていない都市計画区域では、既成市

街地及びその周辺の地域)以外で行われる公共下水道であり、国立公園や国定公園等における湖沼・ダム湖等の水質保全を目的とした自然保護下水道と、農村地域における農業用水等公共用水域の水質保全を目的とした農山漁村下水道に大別される。

その採択基準は、対象区域が自然公園区域または農山漁村であること以外に、対象区域に係る計画人口によって規定される。その規模は、当初概ね千人以上1万人以下とされていたが、水道水源地域の水質汚染を背景として1986年4月(昭和61年度)から採択基準が改訂され、水質保全上とくに緊急に下水道整備を必要とする地区においては、概ね千人未満の規模の特定環境保全公共下水道も「簡易な公共下水道」として実施できるようになった。

(7) 下水道等の整備状況⁶⁷⁾

1965年頃から下水道投資が順調に伸びていったため、下水道の整備は比較的順調に推移した。普及率(処理人口/総人口)でみると、1967年が11%(1,112/10,240万人)⁶⁸⁾、1970年が16%(1,616/10,372万人)、1975年が23%(2,551/11,194万人)、1985年が36%(4,333/12,073万人)、1992年が47%(5,863/12,396万人)であった。

(8) 上水道の整備状況⁶⁹⁾

上水道は、1950年代中頃から1970年代にかけて急速に普及した。普及率(各年の給水人口/総人口、ただし簡易水道と専用水道を含む)では、1960年が53.4%(49,910/93,420千人)であったのに対して1970年が80.8%(83,754/103,720千人)と、このわずか10年間に1.5倍も増加している。これは、経済が急激に発達し、都市人口が急増したこの時期において、大都市地域を中心に水需要が著しく増加した結果である。その後、1980年が91.5%(106,914/116,680千人)、1985年が93.3%(112,811/121,005千人)と、普及率の増加という面では緩やかになるが、上水道の高普及時代をむかえる。

(9) 経済の発展と国庫補助の関わり

下水道に代表されるように、極めて公共性が高くかつ莫大な資金を必要とする社会資本整備においては、国庫補助(建設資金の一部を国費から捻出するもの)は欠かせないものであった。下水道では、下水道使用者が建設費の一部を負担する受益者負担制度があり、この制度によって徴収された受益者負担金が下水道建設の財源の一部として活用されてはきたが、それでもなお国庫補助はその財源におけるかなりの部分を占めてきた。また、昭和の中頃から建設され始めたし尿処理施設においても同様に、国庫補助は整備を図る上で大きな推進力となった。

なお、下水道建設における受益者負担制度は、1919年に公布された都市計画法に基づいて、大阪市が1923年に適用したのが始まりで、その後同様に適用する都市が増加してきた。そして、下水道の整備を全て税金で賄うのは下水道が整備されない地域の住民の存在を考慮すれば極めて不公平であるとの考えから、1965年になって正式に制度化された。

国庫補助の予算規模は、一般的には経済状態や政策に大きく影響を受ける。日本では、経済的に低迷し、軍備増強を国策としていた明治から昭和の戦前までや、経済復興を再優先としていた戦後から昭和30年代（1955～1964年）は、生活環境整備を目的とした国庫補助予算はあまり計上されず、下水道等の整備はほとんど進まなかった。

戦後日本は、1946年8月、GHQにより設置された経済安定化本部を中心として、物価体系の発表、資源委員会の設置など経済復興に取り組んできた。やがて、経済安定化本部は1952年には経済審議庁へ、1955年には経済企画庁へと改組され、国内経済がようやく安定し始めた1955年代以降次々に長期的な経済計画を策定してきた⁸²⁾。ここで、経済計画とは、市場経済を基調とする日本において、経済社会の全分野を詳細に規定したり、厳格にその実施を強制するものではなく、その基本的役割は、望ましくかつ実現可能な経済社会の姿について展望を明らかにすること、中長期にわたって政府が行うべき経済運営の基本方針を定めるとともに、重点となる政策目標と政策手段を明らかにすること、家計や企業の活動のガイドラインを示すことにある⁸³⁾。

経済計画は、1955年に策定された経済自立5ヶ年計画（計画期間1956～1960年）を最初に、現在までに11本策定されてきた。そのうち、2本目に策定された新長期経済計画（計画期間1958～1962年）までは産業基盤の充実が優先されていたが、次に策定された国民所得倍増計画（計画期間1960～1970年）では下水道やし尿処理施設等の生活環境整備を含めた社会資本の充実が初めて盛り込まれ、以後は生活環境整備への比重が次第に高まってきた。

国民所得倍増計画に生活環境整備が盛り込まれたことによって、これを受けて1963年に生活環境施設整備緊急措置法が制定され、下水道やし尿処理施設等し尿・雑排水処理施設に対する国庫補助金が5ヶ年計画で予算計上され始めた。そして、この時を第1次（計画期間1963～1967年）として以後現在に至っては第7次（計画期間1991～1995年）の整備が行われている。こうして、計画的に生活環境が重点整備されてきたことによって下水道やし尿処理施設をはじめとするし尿・雑排水処理施設は順調に普及して行った。さらに、最近社会問題となってきた雑排水による水質汚濁を背景に、合併処理浄化槽にも、その普及を図るために、誘導策として1987年から国庫補助制度が適用されるようになった。

以上のように、経済計画は、当初経済復興を優先させたため、高度成長期に代表されるように経済を急激に発展させた反面、社会資本整備の遅れを顕著にした。そこで、国庫補助制度を軸とした生活環境整備までが経済計画に含まれるようになった。このことが、日本における生活環境整備を充実させてきた要因の一つであったと言える。また、一方では、下水道建設に代表されるように、不況時の景気対策や内需型経済への転換を図る上での公共投資の主要な対象とされるなど、生活環境整備が逆に経済発展の手段として使用されたことも事実であった。したがって、日本では、生活環境整備は経済発展と非常に大きく関わるものであったと言える。

S 7 - 7 平成（1989年～）－総合的なし尿・雑排水処理の開始と 快適性、有効利用の追求－

平成（1989年～）に入ると、高度成長期の急激な経済の発展により経済大国と呼ばれるようになり、国民生活は物質的には豊かになった反面、高い物価水準、住宅や社会資本整備の立ち遅れ、生活環境の地域差などから真の豊かさが実感できないという状況に陥った。そこで、これからの日本は、個人の豊かさの実感を妨げている諸問題を解決し、地球的規模で考えながら、生活大国の実現を目指すことが重要な課題となってきた。

こうした社会情勢を踏まえて、下水道やし尿処理施設などにおいては、施設の機能だけでなくアメニティという面が重視されるようになるとともに、資源化や有効利用が積極的に図られるようになった。また、かねてから社会問題となっていた雑排水による水質汚濁の解決が本格的に求められるようになり、都市部や農村部に限らず、全国的に下水道や合併処理浄化槽の普及が図られるようになった。

（1）総合的なし尿・雑排水処理計画の始まり

雑排水は、し尿と併せて下水道と合併処理浄化槽、コミュニティプラントによって処理されている。処理人口は、1992年3月末においても総人口（124,150千人）に対して約46%と、決して多いとは言えない。また、し尿と雑排水の環境への負荷を比較した場合、日本人一人が一日に排出する水質汚濁物質量をBOD（Biochemical Oxygen Demand）に換算すると、し尿が13g、雑排水が27g⁸⁴⁾と、雑排水の負荷量はし尿の倍以上となる。このように、雑排水は環境への負荷という点で大きなウエイトを占めるにもかかわらず、あまり処理されていない。そのため、最近では拡散的な市街地や農地との混在化が進む都市近郊、あるいは都市的な生活様式が普及してきた農村部などにおいて、雑排水による水質汚濁を生じ、水道水源の水質悪化や身近な生活環境の悪化が顕在化してきた。

こうした背景から、現在では全国的にし尿と併せて雑排水を処理する施設の整備が急がれているが、その際には、中心市街地など都市部だけでなく周辺の農村部を含めた地域をし尿・雑排水処理に関して集合処理する地域と個別処理する地域に分け、集合処理する地域において、下水道の他に雑排水処理に関して下水道と同様の機能を有する施設（農業集落排水施設、コミュニティプラント、合併処理浄化槽などがあり、統計上は浄化槽と扱われる）の特徴を勘案しつつ、処理施設の効率的かつ適切な整備が次第に行われるようになった。

このように現在では地域の実状や規模に合わせた整備が全国的に行われているが、その中でもとくに都市近郊や農村部等といった比較的少人口の集落における整備に重点が置かれつつある。こうした傾向は、今後も続くものと考えられる。そのため、下水道は下水道類似施設のように比較的小規模な施設へと移行することが予想される。また、し尿処理施設は、現在し尿専用の浄化槽の汚泥とともに合併処理浄化槽の汚泥も処理しているが、今後合併処理浄化槽の急速な普及が予想されるため、合併処理浄化槽汚泥の増加に十分対応できる施設へと移行することが考えられる。

(2) 地域への調和とアメニティの追求

し尿処理施設は、当初は、処理技術の向上ばかりに重点が置かれたため、バキュームカーによって運び込まれたし尿から必然的に発生する悪臭がその施設の周辺環境を害した例に見るように、施設の周辺環境への配慮が比較的なされなかった。したがって、迷惑施設と呼ばれ、住宅地から遠く離れた場所に建設されることが当然とされていた。近年は、拡散的に都市化が進んできたため、住宅地のすぐ側にし尿処理施設を建設せざるを得ない状況が発生したが、住環境を害するとの認識から、住民同意が得られず、建設用地の確保が困難となる場合が多数生じた。

そこで、し尿処理施設では、処理機能面だけでなく臭気対策という面からも、さらには外観面や内部の作業環境面からも改善が積極的に行われきた。その結果、最近では、例えば外壁がタイル貼り、屋根が寄せ棟というように、一般の建物と比べても見劣りしない外

図S7-19 近年のし尿処理施設



観の施設へと生まれ変わり、さらに、内部においては、そこで作業する人が安全かつ快適に過ごせるように十分な配慮がなされるようになった(図S7-19)。

なお、し尿処理施設に対する国庫補助金の交付申請は、その事業主体となる市町村(一部事務組合含む)が施設整備計画書を策定して都道府県に提出し、都道府県がこの計画書を審査し、その判定結果を付して厚生省に提出するというプロセスで行われる。都道府県が審査を行う際には、建設予定地が確保されていること、必要に応じて都市計画決定等が行われていること、付近住民の了解(住民同意)が得られていること、環境アセスメントが行われていること等の速やかに事業着手が可能であるかどうかを基準となる。したがって、市町村(一部事務組合含む)は、施設整備計画書の策定に先立って、住民同意の取得等を行わなければならない。

また、下水道においては、経済性の問題はあるものの、下水処理施設からの処理水を有効活用し、せせらぎの回復を目的としたアメニティ下水道、良好な水辺景観を形成することを目的とした水緑景観事業等の各種下水道モデル事業を行っており、地域住民との水の結びつきを深めようとする試みが数多くなされつつある。

以上のように、最近のし尿処理施設や下水処理施設などし尿・雑排水処理施設は、機能面の充実や施設と環境との調和を考慮した上、その施設で作業する人々、さらには施設の周辺住民にとって快適な施設であることが新たに求められるようになり、こうしたアメニティ的要素を取り入れた改善が徐々になされつつある。

(3) し尿・雑排水の新しい有効利用の試み

し尿や雑排水等、排水の種類に関わらず、微生物を利用した排水処理を行う際には必ず汚泥が発生する。この汚泥は、従来から一部コンポスト化し、肥料として緑農地還元を行ってきているが、その割合は依然として低い。下水汚泥の場合には、その処分量のうち約60%近くは脱水及び焼却による減量化、埋立処分されているのが現状である。

しかし、ゴミの急増によって最終処分地（ゴミの埋立地）の確保が困難になりつつある日本の廃棄物（ゴミ）事情を反映して、最近では資源化への取り組みが積極的に行われてきている。焼却灰の土壌改良材への適用、造粒または焼成による軽量骨材、ブロック化等の建築資材化、さらに直接骨材化を可能にする汚泥溶融によるスラグ化等、汚泥の資源化が実用化されている。

下水処理施設からの処理水は、その量的質的特色を生かした新しい有効利用の試みがなされている。下水処理水を直接または高度処理した後、工業用水、環境用水、農業用水、寒冷地における融雪用水、さらにビル用中水道用水等として、年間約1.03億 m^3 の処理水が有効利用されている。また、都市排熱を含んだ下水の熱エネルギーに着目して、ヒートポンプによる地域冷暖房への熱源活用も一部の都市で試行的に行われ始めている。

農業集落排水事業においては、農業集落排水施設から排出される処理水は農業用水として再利用し、汚泥は農地に還元してたい肥として再利用するように、農業集落排水施設が地域資源のリサイクル施設としても活用できるように検討されつつある⁸⁹⁾。

このように、最近のし尿・雑排水処理施設においては、施設から排出される処理水や汚泥を有効的に再利用しようとする試みがなされつつある。

(4) 上水道の動向

上水道は、当初は、公衆衛生の改善を図る上での最有力手段として整備され始め、塩素により滅菌し、衛生的に安全化した水を供給することに主眼が置かれた。高度成長期にかけては、その普及を図ること、すなわち量的な拡大を図ることが整備における最大の目的とされてきた。こうして普及率が高まった半面、上水道の水源である公共用水域が汚染され始めた。水源の汚濁は、環境基準の水域類型指定、排水基準による排水規制の強化、湖沼水質保全計画の策定など水質に関する環境保全行政の推進により、1975年以降全般的には改善傾向にあるが、湖沼や都市近郊河川においてはむしろ汚濁が進行している状況にある。こうして、上水道の重点は量から質の確保へと変化した。

質の問題には、まず水源の富栄養化による上水道の異臭味がある。この異臭味は、直接健康に害を及ぼすものではないが、利用者にとって不快なものであるため、こうした不快な異臭味水が配水された結果、最近では家庭用の浄水器やミネラルウォーター（Natural mineral water）が急速に普及した。さらに、トリハロメタン等の有害物質の問題がある。このトリハロメタンは天然水中に存在する有機物質と遊離塩素が反応して生成される物質であり、それが人の健康に影響を及ぼす可能性があることが報告されている。このように、主に細菌汚染という面からの安全性を高めるために使用されてきた塩素が、現在では、逆に安全性を脅かすものとなってきており、新たに安全性に問題が生じてきている⁸⁵⁾。

なお、こうしたトリハロメタン等によるリスクは、細菌汚染のリスクに比べれば数段低いものである。

このような状況から、現在、上水道は、安全かつ良質な水を供給することが目的となり、とくに上水道の水源水質の保全に重点が置かれるようになってきている。そして、こうした動きを受けて、トリハロメタン等の発生抑制を主眼とした水道水源の水質保全を目的に、1994年5月から水道水源水質関連2法（厚生省「水道原水水質保全事業の実施の促進に関する法律」及び環境庁「特定水道利水障害の防止のための水道水源水域の水質の保全に関する特別措置法」）が施行された。これによって、水源の保全という点からも、下水道、合併処理浄化槽、し尿処理施設などのし尿・雑排水を処理する施設等の整備が重要となってきている。

S7-8 注釈出所

- 1) 楠本正康：こやしと便所の生活史、p. 22、ドメス出版、1981
- 2) 同上：同上、p. 29
- 3) 同上：同上、p. 39
- 4) 永原慶二：日本経済史、p. 70、有斐閣双書、1970
- 5) 楠本正康：こやしと便所の生活史、p. 47、ドメス出版、1981
- 6) 渡部善次郎：都市と農村の間—都市近郊農業史論—、p. 115、論創社、1983
- 7) 楠本正康：こやしと便所の生活史、p. 51、ドメス出版、1981
- 8) 光藤俊尾・中山繁信：すまいの火と水 台所・浴室・便所の歴史、p. 78、彰国社、1984
- 9) 楠本正康：こやしと便所の生活史、p. 54、ドメス出版、1981
- 10) 同上：同上、p. 58
- 11) 同上：同上、p. 71
- 12) 同上：同上、p. 69
- 13) 光藤俊尾・中山繁信：すまいの火と水 台所・浴室・便所の歴史、p. 81、彰国社、1984
- 14) 同上：同上、p. 72
- 15) 榮森康治郎：江戸東京水をもとめて四百年、p. 81、TOTO出版、1989
- 16) 同上：同上、p. 24
- 17) 同上：同上、p. 73
- 18) 伊藤好一：江戸の町かど、p. 199、平凡社、1987
- 19) 榮森康治郎：江戸東京水をもとめて四百年、p. 72、TOTO出版、1989
- 20) 同上：同上、p. 82
- 21) 同上：同上、p. 76
- 22) 同上：同上、p. 100
- 23) 伊藤好一：江戸の町かど、p. 240、平凡社、1987
- 24) 同上：同上、p. 245
- 25) 同上：同上、p. 264

- 26) 同上：同上、p. 252
- 27) (株)日本下水道協会編：日本下水道史 総集編、p. 86、1989
- 28) 稲場紀久雄：下水道論の歴史的探訪、日本水道新聞社、p. 16、1980
- 29) 立川昭二：病気の社会史 文明に探る病因、日本放送出版協会、p. 210、1971
- 30) 同上：同上、p. 177
- 31) (株)日本下水道協会編：日本下水道史 総集編、p. 91、1989
- 32) 古今書院地理統計編集部：最新地理統計、p. 38、古今書院、1994
- 33) (株)日本下水道協会編：日本下水道史 総集編、p. 90、1989
- 34) 同上：同上、p. 95
- 35) 同上：同上、p. 8
- 36) 榮森康治郎：江戸東京水をもとめて四百年、p. 111、TOTO出版、1989
- 37) 同上：同上、p. 127
- 38) 同上：同上、p. 128
- 39) 同上：同上、p. 130
- 40) (株)日本下水道協会編：日本下水道史 総集編、p. 100、1989
- 41) 同上：同上、p. 157
- 42) 同上：同上、p. 102
- 43) 同上：同上、p. 104
- 44) 北尾高嶺：浄化槽 個人下水道、p. 174、(株)ぎょうせい、1990
- 45) 長尾敏郎：都市の発達と人口都市集中の諸相(1)、都市問題、Vol. 2、1926
- 46) 永原慶二：日本経済史、p. 258、有斐閣双書、1970
- 47) (株)日本下水道協会編：日本下水道史 総集編、p. 118、1989
- 48) 同上：同上、p. 119
- 49) 同上：同上、参考資料p. 62
- 50) 水道産業新聞社編：水道年鑑、水道年譜pp. 2 - 5、1993
- 51) 北尾高嶺：浄化槽 個人下水道、p. 175、(株)ぎょうせい、1990
- 52) 同上：同上、p. 176
- 53) 建設省住宅局・厚生省生活衛生局・環境庁水質保全局監修：し尿浄化槽の構造基準・同解説 1984年版、p. 2
- 54) 北尾高嶺：浄化槽 個人下水道、p. 182、(株)ぎょうせい、1990
- 55) 楠本正康：こやしと便所の生活史、pp. 114、ドメス出版、1981
- 56) (株)日本下水道協会編：日本下水道史 総集編、p. 187、1989
- 57) 同上：同上、p. 188
- 58) 同上：同上、p. 14
- 59) (株)日本環境衛生工業会編：日環工30年の歩み、p. 29、1992
- 60) (株)日本下水道協会編：日本下水道史 総集編、p. 188、1989
- 61) 三浦大助：行政面からみたし尿処理問題、都市清掃、Vol. 34、p. 24、1957
- 62) 同上：同上、p. 23
- 63) 鈴木和雄：し尿とその処理、p. 8、工業出版会、1990

- 64) 三浦大助：行政面からみたし尿処理問題、都市清掃、Vol. 34、p. 9、1957
- 65) (社)日本下水道協会編：日本下水道史 総集編、参考資料p. 64、1989
- 66) 水道産業新聞社編：水道年鑑、pp. 280-282、1993
- 67) 建設省都市局下水道部監修：平成5年 日本の下水道その現状と課題、p. 61、
(社)日本下水道協会、1993
- 68) 建設省住宅局・厚生省生活衛生局・環境庁水質保全局監修：し尿浄化槽の構造基準・
同解説 1984年版、pp. 4-5
- 69) 外務省・環境庁編：環境と開発 日本の経験と取組、大蔵省印刷局、p. 1、
1992
- 70) 同上：同上、p. 98
- 71) 水道産業新聞社編：下水道年鑑、p. 91、1994
- 72) 建設省都市局下水道部監修：平成5年 日本の下水道その現状と課題、p. 41、
(社)日本下水道協会、1993
- 73) (社)日本環境衛生工業会編：日環工 30年の歩み、pp. 29-32、1992
- 74) 同上：同上、p. 31
- 75) 厚生省生活衛生局水監修：小型合併処理浄化槽維持管理技術特別講習会テキスト・Ⅱ、
p. 327、(財)日本環境整備教育センター
- 76) Japan Education Centre Environmental of Sanitation, p. 8, Johkasou System for
Treatment of Domestic Wastewater, 1994
- 77) 厚生省生活衛生局水監修：小型合併処理浄化槽維持管理技術特別講習会テキスト・Ⅰ、
p. 8、(財)日本環境整備教育センター
- 78) 建設省住宅局・厚生省生活衛生局・環境庁水質保全局監修：し尿浄化槽の構造基準・
同解説 1984年版、p. 6
- 79) 外務省・環境庁編：環境と開発 日本の経験と取組、大蔵省印刷局、p. 41、
1992
- 80) 建設省都市局下水道部監修：平成5年 日本の下水道その現状と課題、p. 38、
(社)日本下水道協会、1993
- 81) (社)日本下水道協会編：平成3年度版 下水道統計一要覧一第48号の3、
p. 20、1993
- 82) 井前勝人：暮らしと水の技術 蒼い水を求めて、p. 27、山海堂、1993
- 83) 外務省・環境庁編：環境と開発 日本の経験と取組、大蔵省印刷局、p. 46、
1992
- 84) Japan Education Centre Environmental of Sanitation, p. 9, Johkasou System for
Treatment of Domestic Wastewater, 1994
- 85) 水道産業新聞社編：水道年鑑、p. 166、1993

付録－8 浄化槽技術移転プロジェクト

S 8 - 1 はじめに

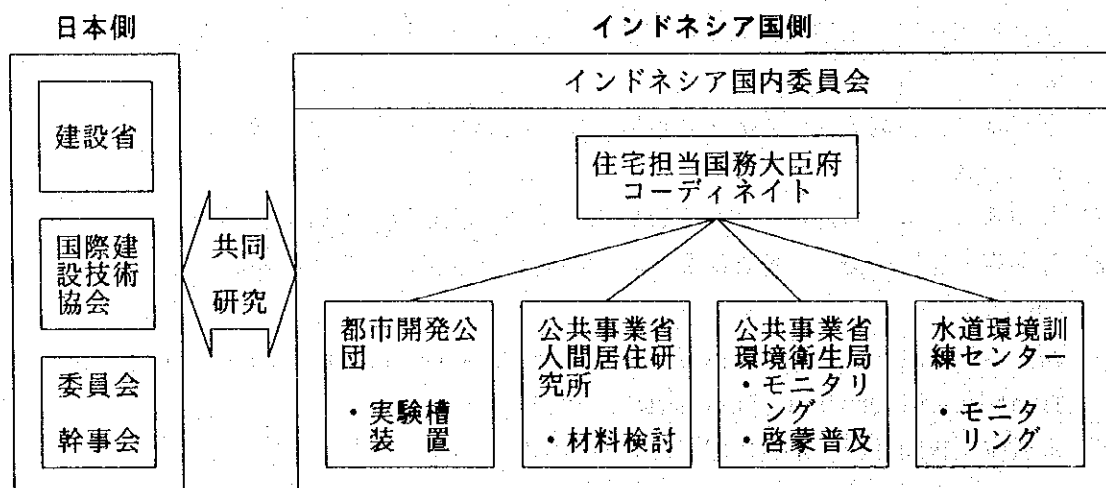
我が国の政府開発援助の増加に伴って、開発途上国に対する建設分野の技術協力は増加傾向にあり、さらに、開発途上国からの要請は、多様化・高度化してきている。これらの技術協力を効率的かつ円滑に推進して行くためには、建設分野に関する技術を組織的・体系的に開発し、蓄積していく事が重要で、技術移転を成功させるのは、途上国の諸条件を考慮し、現地の建設技術、材料や製品などに即した建設技術の開発が必要である。

アセアン諸国をはじめ、世界各地の首都圏では急激な人口増が著しく、都市への人口増は住居問題を含めた都市基盤に深刻な問題を引き起こしている。個々のインフラや適切な衛生設備がないまま住宅が建設され、住環境の改善という観点から広く適応可能な衛生施設の開発が緊急の課題となっている。こうした衛生施設を開発するため、日本とインドネシアとの共同研究事業が実施された。この事業の目的は、

1. 初期コストと維持管理費が安く、インドネシアに最適な下水処理施設に関する基礎設計や技術指針の準備。
2. 下水処理実証試験施設の建設と、その施設の効率と改善の評価。
3. インドネシアで開発した実証試験施設の普及における日本政府の援助の可能性の研究。

事業の遂行に当たっては運営委員会が日本の建設省とインドネシア住宅省との間で組織され、事業活動の調整や運営を行う。図S 8 - 1がその組織である。

図S 8 - 1 事業組織図



S 8 - 2 浄化槽普及の必要性

インドネシアの首都ジャカルタでは河川の水質汚濁が極めて深刻な問題となっており、この汚濁の70%が雑排水によるもので、従って、汚濁を削減するのに最も効果的な方法は、雑排水の水質を改善する事である。

今回事業で我々は、下水道施設に比べて建設費が安い、建設期間が短いなどの長所を有する合併処理浄化槽に注目した。合併処理浄化槽は水質の早急なる改善に、下水施設を導入するのと同様な効果をもつ装置と考えている。

S 8 - 3 合併処理浄化槽の実証試験設計

(1) 実証試験の基本設計

以下に実証試験の基本計画を示す

1. 実証試験設備はし尿と雑排水両方の処理能力を有す。
2. 実証試験設備は消毒タンクを用いる。
3. 実証試験装置は個人の家庭排水処理用に設計されたもの。

(2) 設計条件

日本側とインドネシア側との話し合いの結果、実証試験の設計条件は表S 8 - 1に示す通りとなった。

表S 8 - 1 設計条件

	設計値		日本の標準値	
	水量	負荷量	水量	負荷量
	(1/人/日)	BOD(g/人/日)	(1/人/日)	BOD(g/人/日)
トイレ	10	10.5	50	13
台所	30	19.5	30	21
洗濯	50		40	4
風呂・シャワー	70		80	2
合計	160	30	200	40

出典：National Urban Development Cooperation

- 注) 家族数 : 6名
 処理排水 : トイレ、台所、洗濯、風呂からの排水
 排水量 : 一日1人160リットル
 BOD負荷量 : 一日1人30g
 トイレ : トイレットペーパーの使用は想定しないPour Flush
 排水基準 : BOD 50mg/ℓ (電気未使用タイプ)
 BOD : 30mg/ℓ (電気使用タイプ)

(3) 浄化槽の設置

実証試験浄化槽の設置場所にあたっては事業の目的、実証試験の容易さなどの検討が必要である。実証試験を設置する前に、インドネシア側は適切な設置場所を用意し、日本側の委員会からはその場所の選定に関してインドネシア側に以下の諸条件を提示した。

1. 家族数、収入などで平均的なインドネシアの家庭であること
2. ジャカルタ首都圏内であること
3. 電気の供給が可能なこと
4. 地下水位が低いこと
5. 試験浄化槽に続く家庭排水の側溝があること
6. 居住している住宅であること

これらの諸条件に見合う住宅として、ジャカルタ南部に位置するボゴール Bantarjati II 団地の5住宅が選定された。

S 8 - 4 実証試験用合併処理浄化槽の性能

1993年9月から1994年9月にかけて実証試験用に設置された合併処理浄化槽の性能調査が行われた。

日本とインドネシアとの合同調査は1993年9月と1994年3月の2回行われ、1993年9月の調査時には、インドネシア側の調査員に前もってサンプリングと分析方法の説明をし、連日調査に従事した。また、1994年3月時には汚泥集積の評価をするための最終調査が実施された。表S 8 - 2にその調査結果を示す。

表S 8 - 2 : 調査結果

処理方式	住居	浄化槽流入水量 l/人/日	使用人員 人	水温 ℃	PH	BOD mg/l	T-N mg/l	T-P mg/l	汚泥濃度** mg/l	汚泥変換率*** %
循環嫌気ろ床 - 接触ばっ気方式	A	269	5	28.4	7.5	20	16.6	3.4	11,584 384	28
	J	255	6	27.4	7.3	23	15.0	2.3	18,684 364	39
嫌気ろ床方式	G	161	3	27.0	7.2	39	39.6	3.2	2,644	50
	I	1,055	4	27.5	7.2	39	33.9	4.2	2,312	52
	H	235	3	26.5	7.0	20	14.4	2.9	2,620	63

* T-N はNH₄-NとNO₂-Nの合計値。

** A, J 住宅の上段は嫌気ろ床槽+沈殿槽、下段は接触ばっ気槽の混合水、G, I, H 住宅嫌気ろ床4槽の混合水。

*** 汚泥転換率は蓄積汚泥+流出汚泥/除去BODより計算。なお、汚泥関連以外は試験期間の異常値を除いた平均値。

循環嫌気ろ床-接触ばっ気方式においては、容量が日本の構造基準に比べて65%で、その容量に比して実際の使用割合は100%から120%であったにもかかわらず良好な結果が得られた。

この調査で得られた最も重要なことは、この設備には循環システムが必要であるということである。1993年の合同調査時まで、この嫌気ろ床-接触ばっ気方式は非循環で使用され調査当時、A住宅の接触ばっ気槽が活性汚泥化し、沈殿槽から汚泥が流出、BOD値が100mg/l以上となっていた。後に、循環がA住宅とJ住宅で開始され、1カ月後にはBOD値が20mg/lへと回復し、その後も安定した結果が得られるようになった。以下は、この調査結果に基づく評価である。

- ①日本における現在の嫌気ろ床-接触ばっ気方式の構造基準に循環方式を組み込んだことにより、65%の容量でBODの目標値30mg/l以下が十分に達成できる。
- ②嫌気ろ床-接触ばっ気方式はBODの目標値50mg/l以下が十分に達成できる。
- ③汚泥くみ取り清掃の頻度は日本と同等程度でよい。(なお、日本では汚泥くみ取り清掃は、少なくとも年1回、全ばっ気型は6ヶ月に1回以上行うよう定められている。)
- ④気候や生活パターン違うのにもかかわらず、日本の合併処理浄化槽は変換率やその他少々の変更など若干の工夫が必要だが、インドネシアで使用できるものでありインドネシアに適合した適正な技術基準を提案できる。
- ⑤生物処理に関係する原生動物、微小後生動物は、日本とインドネシアに共通しているので、処理水質を評価する指標として使用できる。
- ⑥循環装置は6カ月間人手を加えず正常に機能していた。

S 8 - 5 インドネシアにおける合併処理浄化槽使用の問題点

家庭排水の処理を行うのに、合併処理浄化槽を普及させるためには以下の諸点を考える必要がある。

(1) 政策

水道整備と同様に、基盤整備事業の一部として合併処理浄化槽を考え、幅広く使用される政策を促進し、設置基準や構造基準を定める必要がある。

(2) 利用者の理解

生活水準や環境衛生についての居住者への教育と、排水処理の必要性の理解が必要である。また、合併処理浄化槽は設置後の適切な維持管理(点検と清掃)が必要であることから、公共事業体が管理する下水道以上に利用者の理解がより基本的なこととなる。

(3) 価格

普及という観点から、合併処理浄化槽の低価格化は極めて重要な課題である。

(4) 管理制度

合併処理浄化槽の適切な維持管理のため、汚泥清掃と汚泥廃棄場を含む公共側の管理体制の充実が必要である。

(5) プロジェクトの実施

1. 地域の特性と計画案に見合った浄化槽の設置

下水道の開発は、排水の全処理が可能となり整備が完了すれば大きな恩恵が期待できる。しかしながら初期投資額が大きく同時期に広い地域を整備することが難しい。その一方、小規模合併処理浄化槽（コミュニティー・プラントを含む）は、早急に開発が必要な地域や大規模な宅地開発が行われる新興住宅地における汚水処理に対し非常に効果的なものである。こうしたことから浄化槽を設置するのに適当と思われる箇所を以下に記す。

①開発中の新興住宅造成地のモデルプロジェクトとして

②スラム地区の再開発のモデルプロジェクトとして

③宅地インフラ整備事業のモデルプロジェクトとして

これらのプロジェクトが実施された場合、合併処理浄化槽は生活環境や健康の改善に重要な役割を果たすので、このような基本的な社会資本について、わが国は積極的に専門技術の提供を行うべきであり、かつ、水質改善分野における技術協力を継続することは好ましいことである。

2. 我が国による経済協力と技術協力の可能性

我が国はこれまで、汚水処理分野の専門家の派遣や、開発調査の実施、下水開発への資金援助を増額など、開発途上国における環境問題の解決に貢献してきた。

今回の調査結果から、技術協力、専門家研修や地域の特性に見合った無償、有償資金援助の考慮が望まれる。

付録－9 コンピューターシミュレーションマニュアル

S 9－1 はじめに

本報告書の第6章で検討、開発した段階的改善計画のシミュレーションモデルの作成及び第7章で検討したインドネシア国チレボン市におけるケーススタディのために、市販のコンピューターソフト“Microsoft Excel” Macintosh版を使用した。以下はそのワークシートの使用方法を説明したマニュアルである。なお、ワークシートのファイルをご希望の方は、コピー用のフロッピーを同封の上、国際協力事業団国際協力総合研修所調査研究課までご請求頂きたい。

S 9－2 ワークシートの見方とその使用方法

(1) ファイル

本ワークシートは“Microsoft Excel” Macintosh版で作成されたが、ファイル変換をすれば他の表計算ソフトでも操作可能である。ワークシートは「提供用ワークシート」というファイル名で、第7章で使用した整備計画1で使用した数値が代入されている。

(2) 全体構成

ワークシートには初期条件及び整備計画として任意の数値を入力し、計算させることになっている（詳しい入力方法については「S 9－3 使用方法」にて説明する）。

ワークシート全体の模式図を図S 9－1に示した。網掛けは初期条件、及び整備計画を入力する部分であり、斜線部は計画が必要条件を満たしているかどうかを判断するための部分である（ただし網掛け、斜線などの装飾は、ファイル変換する際に消えてしまう場合があるのでご了承願いたい）。他の部分は計算結果の出力やグラフの作成等に使用されており、計算式を修正しない限り特に使用しない。

(3) ワークシート上の各ブロック

ワークシート上の各ブロックを表S 9－1～表S 9－5に示した。以下ブロック①～⑮の概略を説明する。また、ワークシート上では、入力サイズの都合上、いくつか本文と異なる単語を用いている場合がある。例えば「遮集管」とは「インターセプター下水道」のことである。

表S9-1 ブロック①②

①各種初期条件

面積、人口、その他基礎的な条件を入力するブロックである。網掛けの部分に任意の数値を入力する。面積や予算の伸び率など任意に設定して入力してある部分と、第7章で記述しているように、実測値や日本の経験から得られた値を使用している部分がある。

②予算、人口などの推移

①で入力した条件から20年間の予算、人口等が計算されるブロックである。数値を入力するブロックではない。

表S9-2 ブロック③④⑤

③新規整備面積

各年次の整備計画を、処理システムごとの整備面積で入力するブロックである。また、終末処理場の増設規模を入力するブロックである。

④事業費

主として③で入力した整備面積を元に、各年次の事業景気が算出されるブロックである。斜線部分は終末処理場の建設のための積み立て経費である。この部分は一番左の列に表示される終末処理場の増設にかかる費用を、①に入力した終末処理場建設年数で等分したものが表示されなければならないが、自動化が困難であったため、手入力となる。

⑤予算-事業費比較

予算と事業費を比較し、整備計画が経済的に実行可能であるかを判断する部分である。ここでは④に表示される事業費の総計を、割引率を加味して計画初年度を基準とした実質価値に変換されている。

各年次ごとの収支は右から2列目の斜線部分に表示され、ここに表示される数値が負であれば赤字であるため③で入力した計画を見直す(整備面積を減らす)必要がある。これはワークシートにグラフとしても登録してある。起債が可能であれば、収支の累積部分が最終年次で赤字になっていなければ良いことになる。

表S9-3 ブロック⑥⑦⑧

⑥システム使用面積

各処理システムが、どれだけの面積で使用されているかを表示するブロックである。

まず、1行目の「現況」の網掛け部分に、各処理システム使用面積の現状を入力する。この数値が各年次の整備面積によって毎年変化していく。

このブロックの右側3列では、処理システムの移行によって生じる整備面積の矛盾を判定する。

まずインターセプター下水道は、個別処理システム使用地域に敷設するため、その面積を整備することはできない。もしインターセプター下水道整備面積が、個別処理システム使用面積を超えた場合、「遮集管」の列には個別処理システム使用面積が表示される。したがってインターセプター下水道を整備しても使用面積が増加しない場合は整備計画を見直す必要がある。

次に「システム未整備面積」の列であるが、ここではどのシステムも整備されていない地区の面積が表示される。公共トイレか公共腐敗槽が整備されない限り、上位レベルのシステムである下水道等を整備してもこの部分の表示が0になることはない。また、この部分が0になった時点で、すべての地域に何らかの処理システムが整備されたことになるので、以後は予算をより上位レベルのシステムの整備に充てるのが適切である。

⑦システム使用人口

各年次でシステムを使用している人口の推移が計算されるブロックである。入力には使用しない。し尿処理、雑排水処理に使用されているシステムと人口の推移がそれぞれグラフとして登録されている。

⑧汚水量

各システムが処理する汚水の量が計算されるブロックである。右の2列の斜線部分で、終末処理場の処理能力と、受け入れて処理する水量のバランスをとる必要がある。下水道等を整備し続けた場合、受け入れ水量が終末処理場の処理能力を超える前に、③に処理場増設の計画を入力する必要がある。処理能力と処理水量の関係はグラフとして登録してある。

表S9-4 ブロック⑨⑩⑪⑫

⑨排出汚濁負荷量～雑排水BOD負荷量

このブロックでは雑排水を処理した後に河川等に排出されるBOD負荷量が計算される。

⑩排出汚濁負荷量～し尿BOD負荷量

このブロックではし尿を処理した後に河川等に排出されるBOD負荷量が計算される。

⑪BOD負荷総量

このブロックでは⑨と⑩より算出されるBOD負荷量の合計が表示される。BOD負荷総量はグラフとして登録されている。

⑫排出汚濁負荷量～し尿大腸菌数

このブロックではし尿を処理した後に河川等に放出される大腸菌数が計算される。大腸菌数はグラフとして登録されている。

表S9-5 ブロック⑬⑭⑮

⑬下水道接続面積

⑭下水道接続による公共腐敗槽使用地域の減少面積

⑮下水道接続による個別処理システム使用地域の減少面積

下水道を整備した場合の各年ごとのシステム移行面積を計算するためのブロックであり、入力する必要はない。下水道は整備するだけでなく、以後数年に亘って接続作業が必要であるため、このブロックが必要となる。

S9-3 使用方法

(1) 初期条件の入力

ブロック①と⑥の網掛けに部分に初期条件を入力する。

(2) 整備計画の入力

ブロック③の網掛けに部分に各年度に整備するシステムを、面積 [ha] で入力する。

(3) 整備計画の実行可能性の確認

ブロック④⑤⑥⑧斜線部にて整備計画が各条件を充たしているかどうかを確認する。

(2)で整備計画を入力すると、まず予算と事業費が計算されて、ブロック⑤またはグラフに表示される。起債が許されない場合は、各年次ごとに事業費が予算を上回らないかどうかを確認して、もし収支がマイナスならば(2)に戻って整備面積を減らすなどの計画変更が必要になる。

次に整備面積の重複をブロック⑥にて確認する。インターセプター下水道を整備しても使用面積が増加しない場合は、インターセプター下水道の整備は意味が無いので、(2)に戻りブロック③の整備計画を見直す必要がある。さらに「システム未整備面積」の列であるが、この部分が0になった時点で、すべての地域に何らかの処理システムが整備されたことになるので、予算をより上位レベルのシステムの整備に充てるようにブロック③の整備計画を見直す必要がある(詳しくはS9-2(3)ブロック⑥の説明を参照)。

次にブロック⑧で終末処理場の処理能力を、処理水量が上回っていないかどうかを確認する。下水道、インターセプター下水道を整備したとき、終末処理場に運ばれる汚水量が増えるため、汚水量の増加を見積もって、必要に応じて処理場を増設する必要がある。

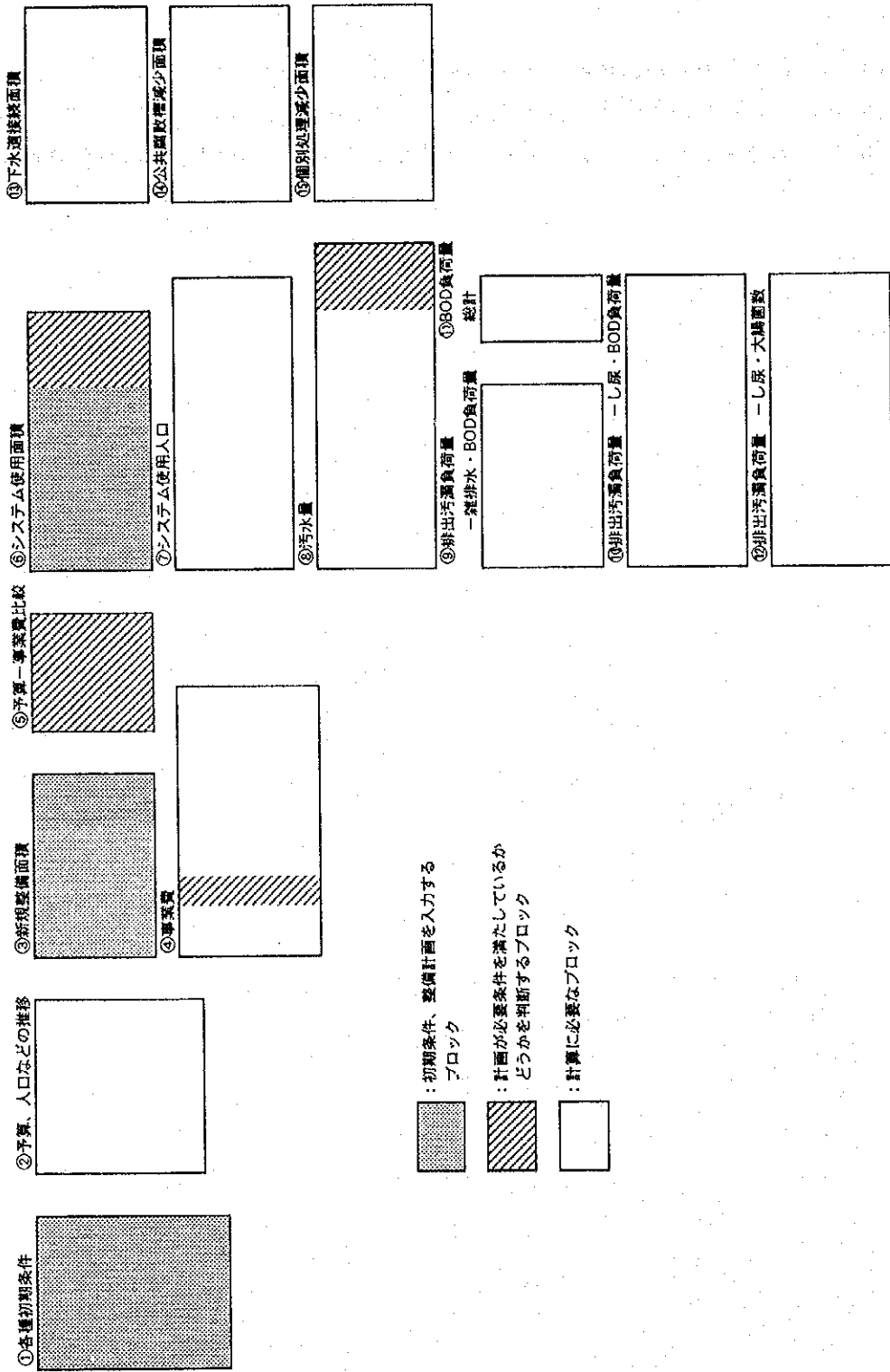
(2)に戻りブロック③に処理能力を水量 [m³/day] で入力する。

この増設分によって建設費がブロック④の「建設費」の列に計上される。この建設費をブロック④で入力した「終末処理場建設年数」で割ったものが、ブロック④の斜線部の建設費積み立てに表示されなければならないが、この部分は手でセルの式を再設定しなければならない。ここでは建設年数3年の場合を例に説明する。

i) まず、建設費の右のセルに積み立て額の数値が出ている場合、そのセルを前年と前前年の同じ列にコピーする。従って、連続する3年間に同じ金額が表示されることになる。

ii) 建設費の右のセルに積み立て額の数値が出ていない場合、そのセルにカーソルを合わせ、その式を書き直す。式は例えば「=N\$36/B\$29」のようになっているので、「36」の部分そのセルの行番号に書き直す。以下 i) と同じ操作を繰り返す。

図 S 9-1 ワークシート全体図



表S9-1 ブロック①②

② 予算、人口などの推移

年次	現況	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
予算 [万円]	-	87000.0	88748.7	89636.2	90532.5	91437.9	92352.3	93275.8	94208.5	95150.6	96102.1	97063.1	98033.8	99014.1	100004.3	101004.3	102014.3	103034.5	104064.8	105105.5	106156.5
人口 [人]	200,000	202,000	204,020	206,060	208,121	210,202	212,304	214,427	216,571	218,737	220,924	223,134	225,365	227,619	229,895	232,194	234,516	236,861	239,229	241,622	244,038
人口密度 [人/ha]	200.0	202.0	204.0	206.1	208.1	210.2	212.3	214.4	216.6	218.7	220.9	223.1	225.4	227.6	229.9	232.2	234.5	236.9	239.2	241.6	244.0
管路整備単価 [万円/ha]	4761.5	4783.7	4805.9	4828.3	4850.7	4873.3	4896.0	4918.8	4941.8	4964.8	4988.0	5011.2	5034.6	5058.1	5081.7	5105.5	5129.3	5153.3	5177.4	5201.6	5226.0

① 各種初期条件

面積[ha]	1000.0
人口[人]	200000.0
人口増加率[-]	0.010
世帯構成人数[人/戸]	5.00
初年度予算[万円]	87000.0
予算伸び率[-]	0.010
割引率[-]	0.100
自浄係数[1/day]	0.116
死滅係数[1/day]	0.040
t 1[day]	2.0
t 2[day]	3.0
T[day]	5.0
流速率[-]	0.6
個別のうち腐敗槽の比率[-]	0.50
腐敗槽が浸透を伴う比率[-]	0.50
原単位 (1人1日当り)	
糞排水BOD負荷量[g/day/人]	20.6
し尿BOD負荷量[g/day/人]	17.5
し尿大腸菌数[個/day/人]	3000000000
糞排水量[l/day/人]	100.0
し尿排水量[l/day/人]	30.0
各処理システム・各汚濁負荷処理効率	
終末処理場・BOD[-]	0.65
終末処理場・大腸菌[-]	1.00
公共腐敗槽・BOD[-]	0.60
公共腐敗槽・大腸菌[-]	1.00
個別処理システム・BOD[-]	0.55
個別処理システム・大腸菌[-]	0.99
建設単価[万円/人]	
公共腐敗槽	10.00
公共トイレ	6.00
遮集管および幹線	15.00
維持管理単価	
下水道管径[万円/人]	0.300
終末処理場[万円/m ³]	1.538
公共腐敗槽[万円/人]	0.500
公共トイレ[万円/人]	0.110
遮集管[万円/人]	0.200
補助金単価	
下水接続補助額[万円/戸]	0.0
個別汚泥引き抜き補助額[万円/戸]	0.0
補助金効果係数	
(下水道接続) $\sigma 1$	0.100
$\tau 1$	0.070
下水道接続率[-]	0.07
(個別処理汚泥引き抜き) $\sigma 2$	0.050
$\tau 2$	0.500
個別処理汚泥引き抜き率[-]	0.50
下水道初期条件	
終末処理場能力 初期値[m ³ /day]	3200.0
下水道管路整備単価係数 a	313.90
b	322.30
終末処理場建設費係数 c 1	6756.80
c 2	0.73
終末処理場建設年数[年]	3.00

表S9-2 ブロック③④⑤

① 新規取得資産(㎡)を以て

年次	下水処理設備面積		*排水処理設備能力の増加(m ³ /day)		公営施設		公営トイレ		下水道整備		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費	
	公営施設	民間施設	新設	増設	新設	増設	新設	増設	建設	維持	建設	維持	建設	維持	建設	維持
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

② 下水道整備費(百万円)

年次	*排水処理設備能力の増加(m ³ /day)		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費	
	新設	増設	建設	維持	建設	維持	建設	維持	建設	維持	建設	維持	建設	維持	建設	維持
1	0.0	0.0	4921.6	76338.5	4486.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	4921.6	78816.9	4754.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	4921.6	79183.6	5130.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	4921.6	79552.2	5609.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	4921.6	79922.6	6187.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	4921.6	76378.1	6856.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	4921.6	76733.9	7611.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	4921.6	74126.5	8446.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	4921.6	71451.0	9363.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	4921.6	7228.6	77812.2	10358.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	4921.6	7228.6	76170.7	11428.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	4921.6	7228.6	76526.2	12370.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	4921.6	7228.6	71825.3	13774.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	4921.6	7228.6	72160.7	15039.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	11207.1	0.0	10304.6	69434.5	16338.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	10304.6	69739.0	17332.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	10304.6	70085.0	19158.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	10304.6	70412.7	20837.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	10304.6	70742.0	22167.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	10304.6	71073.0	23749.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

③ 下水道整備費(百万円)

年次	*排水処理設備能力の増加(m ³ /day)		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費	
	新設	増設	建設	維持	建設	維持	建設	維持	建設	維持	建設	維持	建設	維持	建設	維持
1	79090.9	79090.9	78347.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	73346.0	152436.9	73331.3	151678.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	67345.0	21781.9	67224.4	218902.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	61834.9	281616.9	61693.6	280596.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	56775.7	390523.1	56675.7	389882.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	52130.4	51610.5	51610.5	388882.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	47665.2	438388.3	47490.2	436372.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	43640.0	482537.2	43423.4	479796.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	40353.2	522890.4	39991.3	519787.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	37051.5	559741.9	36380.0	556667.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	34020.0	593762.0	33327.8	589995.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	31236.6	624958.6	30775.9	620771.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	28680.9	655679.4	28048.0	648819.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	26334.2	680013.7	25920.3	674739.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	24179.6	704193.3	23964.1	698703.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	22201.3	726394.6	21342.7	720046.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	20384.8	746779.4	19749.7	739796.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	18717.0	765496.4	18279.7	758075.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	17185.6	782682.0	16922.4	774998.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	15779.5	798461.5	15668.7	790666.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注: 現在価値は千円換算を前提とし、各年次の実質価値として算出されている。

④ 下水道整備費(百万円)

年次	*排水処理設備能力の増加(m ³ /day)		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費		*下水道整備費	
	新設	増設	建設	維持	建設	維持	建設	維持	建設	維持	建設	維持	建設	維持	建設	維持
1	0.0	0.0	4921.6	76338.5	4486.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	4921.6	78816.9	4754.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	4921.6	79183.6	5130.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	4921.6	79552.2	5609.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	4921.6	79922.6	6187.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	4921.6	76378.1	6856.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	4921.6	76733.9	7611.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	4921.6	74126.5	8446.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	4921.6	71451.0	9363.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	4921.6	7228.6	77812.2	10358.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	4921.6	7228.6	76170.7	11428.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	4921.6	7228.6	76526.2	12370.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	4921.6	7228.6	71825.3	13774.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	4921.6	7228.6	72160.7</											

表S9-3 ブロック⑥⑦⑧

⑥システム使用面積(ha)

年次	下水道	公共施設種	個別処理(良)	個別処理(不良)	公共トイレ	遮集管	システム未整備
現況	42.3	0.0	441.4	441.4	10.7	0.0	0.0
1	44.4	0.0	440.8	440.8	10.7	0.0	0.0
2	46.6	0.0	439.7	439.7	10.7	0.0	0.0
3	49.8	0.0	438.2	438.2	10.7	0.0	0.0
4	53.9	0.0	436.1	436.1	10.7	0.0	0.0
5	58.9	0.0	433.6	433.6	10.7	0.0	0.0
6	64.6	0.0	430.8	430.8	10.7	0.0	0.0
7	71.0	0.0	427.6	427.6	10.7	0.0	0.0
8	78.0	0.0	424.0	424.0	10.7	0.0	0.0
9	85.6	0.0	420.2	420.2	10.7	0.0	0.0
10	93.8	0.0	416.2	416.2	10.7	0.0	0.0
11	102.4	0.0	411.8	411.8	10.7	0.0	0.0
12	111.6	0.0	407.3	407.3	10.7	0.0	0.0
13	121.0	0.0	402.5	402.5	10.7	0.0	0.0
14	130.8	0.0	397.6	397.6	10.7	0.0	0.0
15	140.9	0.0	392.6	392.6	10.7	0.0	0.0
16	151.2	0.0	387.4	387.4	10.7	0.0	0.0
17	161.8	0.0	382.2	382.2	10.7	0.0	0.0
18	172.5	0.0	376.8	376.8	10.7	0.0	0.0
19	183.5	0.0	371.3	371.3	10.7	0.0	0.0
20	194.6	0.0	365.7	365.7	10.7	0.0	0.0

⑦システム使用人口(人)

年次	下水道	公共施設種	個別処理(良)	個別処理(不良)	公共トイレ	遮集管	なし	雑排水無処理
現況	8660	0	88280	88280	2140	0	12640	191340
1	8973	0	89050	89050	2161	0	12766	193027
2	9509	0	89717	89717	2183	0	12894	194511
3	10261	0	90286	90286	2205	0	13023	195800
4	11218	0	90761	90761	2227	0	13153	196902
5	12375	0	91146	91146	2249	0	13285	197827
6	13712	0	91451	91451	2272	0	13418	198592
7	15223	0	91679	91679	2294	0	13552	199204
8	16893	0	91837	91837	2317	0	13687	199679
9	18726	0	91923	91923	2340	0	13824	200011
10	20718	0	91940	91940	2364	0	13962	200207
11	22857	0	91893	91893	2388	0	14102	200276
12	25141	0	91785	91785	2411	0	14243	200224
13	27549	0	91624	91624	2436	0	14385	200070
14	30078	0	91414	91414	2460	0	14529	199816
15	32718	0	91159	91159	2484	0	14675	199476
16	35464	0	90860	90860	2509	0	14821	199051
17	38317	0	90520	90520	2534	0	14970	198544
18	41275	0	90138	90138	2560	0	15119	197955
19	44336	0	89715	89715	2585	0	15270	197286
20	47499	0	89252	89252	2611	0	15423	196539

⑧汚水量(m³/day)

年次	下水道	公共施設種	個別処理(良)	個別処理(不良)	公共トイレ	遮集管	なし	終末処理場	
								処理能力	処理水量
現況	1125.8	0.0	11476.4	11476.4	278.2	0.0	1643.2	3200.0	1125.8
1	1166.5	0.0	11576.5	11576.5	281.0	0.0	1659.6	3200.0	1166.5
2	1236.2	0.0	11663.2	11663.2	283.8	0.0	1676.2	3200.0	1236.2
3	1333.9	0.0	11737.2	11737.2	286.6	0.0	1693.0	3200.0	1333.9
4	1458.4	0.0	11798.9	11798.9	289.5	0.0	1709.9	3200.0	1458.4
5	1608.8	0.0	11849.0	11849.0	292.4	0.0	1727.0	3200.0	1608.8
6	1782.6	0.0	11888.7	11888.7	295.3	0.0	1744.3	3200.0	1782.6
7	1979.0	0.0	11918.3	11918.3	298.3	0.0	1761.7	3200.0	1979.0
8	2196.0	0.0	11938.8	11938.8	301.3	0.0	1779.4	3200.0	2196.0
9	2434.4	0.0	11950.0	11950.0	304.3	0.0	1797.1	3200.0	2434.4
10	2693.3	0.0	11952.2	11952.2	307.3	0.0	1815.1	3200.0	2693.3
11	2971.5	0.0	11946.1	11946.1	310.4	0.0	1833.3	3200.0	2971.5
12	3268.3	0.0	11932.0	11932.0	313.5	0.0	1851.6	3200.0	3268.3
13	3581.3	0.0	11911.2	11911.2	316.6	0.0	1870.1	3200.0	3581.3
14	3910.2	0.0	11883.8	11883.8	319.8	0.0	1888.8	3200.0	3910.2
15	4253.3	0.0	11850.6	11850.6	323.0	0.0	1907.7	3200.0	4253.3
16	4610.4	0.0	11811.8	11811.8	326.2	0.0	1926.8	3200.0	4610.4
17	4981.2	0.0	11767.6	11767.6	329.5	0.0	1946.0	3200.0	4981.2
18	5365.7	0.0	11717.9	11717.9	332.8	0.0	1965.5	3200.0	5365.7
19	5763.6	0.0	11663.0	11663.0	336.1	0.0	1985.2	3200.0	5763.6
20	6174.8	0.0	11602.8	11602.8	339.5	0.0	2005.0	3200.0	6174.8

表S9-4 ブロック⑩⑪⑫

⑩排出汚濁負荷量～雑排水BOD負荷量[g/day]						⑪BOD負荷総量[kg/day]	
年次	下水道	公共施設等	遊樂管	雑排水無処理	総計	年次	BOD負荷量
現況	44087.8	0.0	0.0	1.670E+06	1.714E+06	現況	2,573
1	45680.5	0.0	0.0	1.685E+06	1.730E+06	1	2,598
2	48411.5	0.0	0.0	1.698E+06	1.746E+06	2	2,623
3	52236.2	0.0	0.0	1.709E+06	1.761E+06	3	2,647
4	57112.6	0.0	0.0	1.718E+06	1.776E+06	4	2,670
5	63002.1	0.0	0.0	1.727E+06	1.790E+06	5	2,693
6	69807.8	0.0	0.0	1.733E+06	1.803E+06	6	2,716
7	77498.9	0.0	0.0	1.739E+06	1.816E+06	7	2,739
8	86000.0	0.0	0.0	1.743E+06	1.829E+06	8	2,761
9	95333.3	0.0	0.0	1.746E+06	1.841E+06	9	2,783
10	105473.7	0.0	0.0	1.747E+06	1.853E+06	10	2,804
11	116366.6	0.0	0.0	1.748E+06	1.864E+06	11	2,826
12	127991.9	0.0	0.0	1.747E+06	1.875E+06	12	2,847
13	140250.4	0.0	0.0	1.746E+06	1.886E+06	13	2,868
14	153128.3	0.0	0.0	1.744E+06	1.897E+06	14	2,889
15	166563.9	0.0	0.0	1.741E+06	1.907E+06	15	2,910
16	180547.8	0.0	0.0	1.737E+06	1.918E+06	16	2,930
17	195071.9	0.0	0.0	1.733E+06	1.928E+06	17	2,951
18	210128.6	0.0	0.0	1.728E+06	1.938E+06	18	2,972
19	225711.3	0.0	0.0	1.722E+06	1.948E+06	19	2,992
20	241814.4	0.0	0.0	1.715E+06	1.957E+06	20	3,013

⑪排出汚濁負荷量～トイレBOD負荷量[kg/day]								
年次	下水道	公共施設等	個別処理(良)	個別処理(不良)	公共トイレ	遊樂管	なし	総計
現況	37453.2	0.0	73632.5	654511.3	0.0	0.0	93713.4	859310.5
1	38806.2	0.0	74274.5	660217.7	0.0	0.0	94650.6	867949.0
2	41126.3	0.0	74830.9	665163.9	0.0	0.0	95597.1	876718.2
3	44375.4	0.0	75305.6	669383.1	0.0	0.0	96553.1	885617.2
4	48518.0	0.0	75702.0	672906.5	0.0	0.0	97518.6	894645.1
5	53521.2	0.0	76023.3	675763.0	0.0	0.0	98493.8	903801.3
6	59302.8	0.0	76277.7	678023.7	0.0	0.0	99478.7	913082.9
7	65836.4	0.0	76467.6	679712.0	0.0	0.0	100473.5	922489.5
8	73058.3	0.0	76599.4	680883.3	0.0	0.0	101478.2	932019.2
9	80987.0	0.0	76671.3	681522.3	0.0	0.0	102493.0	941673.5
10	89601.4	0.0	76685.4	681647.9	0.0	0.0	103517.9	951432.6
11	98855.1	0.0	76646.3	681300.7	0.0	0.0	104553.1	961355.2
12	108731.0	0.0	76555.8	680495.9	0.0	0.0	105598.7	971381.4
13	119144.7	0.0	76422.0	679306.8	0.0	0.0	106654.6	981528.2
14	130084.8	0.0	76246.2	677744.0	0.0	0.0	107721.2	991796.1
15	141498.5	0.0	76033.5	675853.2	0.0	0.0	108798.4	1002183.6
16	153378.0	0.0	75784.7	673642.1	0.0	0.0	109886.4	1012691.3
17	165716.4	0.0	75500.7	671117.5	0.0	0.0	110985.2	1023319.8
18	178507.3	0.0	75182.1	668285.5	0.0	0.0	112095.1	1034069.9
19	191745.1	0.0	74829.6	665151.7	0.0	0.0	113216.0	1044942.4
20	205424.8	0.0	74443.6	661721.2	0.0	0.0	114348.2	1055937.9

⑫排出汚濁負荷量～トイレ六価物質[個/day]								
年次	下水道	公共施設等	個別処理(良)	個別処理(不良)	公共トイレ	遊樂管	なし	総計
現況	8.473E+09	0.0	4.049E+12	2.159E+15	0.0	0.0	3.092E+14	2.473E+15
1	8.779E+09	0.0	4.084E+12	2.178E+15	0.0	0.0	3.123E+14	2.495E+15
2	9.304E+09	0.0	4.115E+12	2.195E+15	0.0	0.0	3.154E+14	2.514E+15
3	1.004E+10	0.0	4.141E+12	2.208E+15	0.0	0.0	3.186E+14	2.531E+15
4	1.098E+10	0.0	4.163E+12	2.220E+15	0.0	0.0	3.217E+14	2.546E+15
5	1.211E+10	0.0	4.180E+12	2.230E+15	0.0	0.0	3.250E+14	2.559E+15
6	1.342E+10	0.0	4.194E+12	2.237E+15	0.0	0.0	3.282E+14	2.569E+15
7	1.489E+10	0.0	4.205E+12	2.243E+15	0.0	0.0	3.315E+14	2.578E+15
8	1.653E+10	0.0	4.212E+12	2.246E+15	0.0	0.0	3.348E+14	2.585E+15
9	1.832E+10	0.0	4.216E+12	2.249E+15	0.0	0.0	3.382E+14	2.591E+15
10	2.027E+10	0.0	4.217E+12	2.249E+15	0.0	0.0	3.415E+14	2.595E+15
11	2.236E+10	0.0	4.215E+12	2.248E+15	0.0	0.0	3.450E+14	2.597E+15
12	2.460E+10	0.0	4.210E+12	2.245E+15	0.0	0.0	3.484E+14	2.598E+15
13	2.696E+10	0.0	4.202E+12	2.241E+15	0.0	0.0	3.519E+14	2.597E+15
14	2.943E+10	0.0	4.193E+12	2.236E+15	0.0	0.0	3.554E+14	2.596E+15
15	3.201E+10	0.0	4.181E+12	2.230E+15	0.0	0.0	3.590E+14	2.593E+15
16	3.470E+10	0.0	4.167E+12	2.223E+15	0.0	0.0	3.625E+14	2.589E+15
17	3.749E+10	0.0	4.152E+12	2.214E+15	0.0	0.0	3.662E+14	2.585E+15
18	4.039E+10	0.0	4.134E+12	2.205E+15	0.0	0.0	3.698E+14	2.579E+15
19	4.338E+10	0.0	4.115E+12	2.195E+15	0.0	0.0	3.735E+14	2.572E+15
20	4.647E+10	0.0	4.094E+12	2.183E+15	0.0	0.0	3.773E+14	2.565E+15

