

神戸市における下水道計画と将来の問題

稲 垣 茂 樹*
海 淵 養 之 助**

1. 緒 言

敗戦の混乱からようやく安定に復した今日、久しい間不振であった下水道事業も、いよいよ活発化せんとする傾向にあることは喜びにたえない。神戸市の下水道は明治初年に旧居留地に外人の設計になる下水道が築造されたが、以後は主として雨水の疎通を目的とした下水幹線その他街路工事の付帯施設として施工されてきた。この間、前後6回にわたって下水道改良計画案が立てられたのであったが、系統的な本格的開始は昭和26年からであり、本当に軌道に乗り始めたのは昭和32年からである。

下水道の改良が都市計画上、環境衛生上の根本であり街路網の施行と併行さるべきことはいままでもないのであるが、今日のごとき跛行状態をていしたものは、下水道事業に要する大きな財政的負担にたえなかつたこと、街路の拡築にせまられ完全舗装が第二義的であつたこと、便所が汲み取り式であるから下水道は従来の開キヨ式、側溝式でもそれほど不衛生でなかつたこと、し尿は農村肥料としての需要があつたことなどによるのである。

さきに述べたごとく昭和26年より5カ年計画をもつて着工した第一期下水道事業は約10億6000万円をもつて本市生田区、兵庫区の中心部にあたる面積250haの地域を分流式で汚水を処理せんとするもので、汚水幹枝線の敷設、中部下水処理場第一期工事の施工であつたが、財政上の制約をうけ、昭和31年度までにおいて、予定の37%しか進捗できなかつた。

しかしながら区画整理の進捗、建物の再建と都市復興の基盤がととのい、またし尿の農村還元処分が絶え、海上投棄処分に頼らざるを得なくなつたので海水汚染を、ますますはなはだしくするなど、し尿処理対策上からも早急なる下水道完備を必要とするに至つた。

ここにおいて昭和32年度より下水道使用料を徴収するなど財源計画を再検討し、下水道事業を飛躍的に発展せしめることとし、第一期下水道事業の残事業をふくめて全市にわたる下水道改良10カ年計画事業を立て、下水道の改良を強力に推進することになつた。

以後事業も順調に進み、特に昭和33年11月には神戸市としては初めての本格的下水処理場である中部下水

処理場も計画全処理能力の1/3施設を完成し、運転を開始するに至つた。

2. 計 画

(1) 降雨強度式

降雨強度式は前水道局長野田圃六氏(現北大教授)により調査作成されたものであつて、本市においては原則として重要雨水幹線および合流式区域については10年降雨強度、その他の雨水幹枝線については5年降雨強度とし、次式のごとくである。

$$\text{頻度10年に1回: 降雨強度 } R = \frac{400}{(t+1)^{0.54}} \text{ (mm/h)}$$

$$\text{頻度5年に1回: } R = \frac{300}{(t+1)^{0.5}} \text{ (mm/h)}$$

ただし t : 降雨継続時間 (min)

(2) 雨水量算出式

雨水量の算出については次式のごとく合理式を採用している。

$$\text{雨水量 } Q = \frac{1}{360} \cdot C \cdot \phi_m \cdot R \cdot A \text{ (m}^3\text{/sec)}$$

ただし C : 流出係数, ϕ_m : 降雨均等率

R : 降雨強度 (mm/h), A : 排水面積 (ha)

流出係数は傾斜部0.7、平坦部0.6、緑地帯0.5とする。

(3) 潮 位

潮位は神戸市規定規準面(東京湾中等潮位-1.34m)に準拠し、雨水幹線放流水位は年最高潮位の平均値+2.55mに対し、またポンプ場および処理場の放流水位は、ジェーン台風時最高潮位+3.385mに対し安全なように計画する。

(4) 汚 水 量

汚水量は1人1日当り基本汚水量を240lとし、次のように算定した。

1人1日平均汚水量 276l...240l+36l (地下水浸透量, 基本汚水量の15%)

1人1日最大汚水量 396l...240l×1.5+36l

1人1時間最大汚水量(晴天時)

$$24l \dots (240l \times 1.5 \times 1.5 + 36l) / 24$$

同 上 (雨天時)

$$29l \dots 24l + 120l / 24 \text{ (雨水浸入量, 基本汚水量の50\%)}$$

(5) 計画人口

人口算出にあつては市街地を工業地域、準工業地域

* 正員 前神戸市建設局長, KK駒井鉄工所副社長

** 正員 神戸市建設局下水道部長

污水幹枝線の布設，中継ポンプ場および下水処理場を建設せんとするもので，その計画は表-3のとおりである。

表-3 污水処理計画内訳

排水区	污水管キョ			中継ポンプ場 (カ所)	処 理 場	
	幹 線 (m)	枝 線 (m)	計 (m)		設置数 (カ所)	1日平均汚水 量 (m ³ /日)
東 灘	6 223	347 700	353 923	2	1	84 362
東 部	4 737	383 076	387 813	1	1	75 801
中 部	10 907 ²⁸	455 558 ⁵⁰	466 465 ⁷⁸	1	1	94 459
西 部	5 413	316 532	321 945	—	1	86 511
垂 埴屋	2 004 ⁵⁰	18 535 ⁵⁰	20 540	1	1	5 824
	4 396 ⁵⁰	77 898 ⁵⁰	82 295	1	1	14 390
水 舞子	2 619 ⁵⁰	40 395	43 014 ⁵⁰	—	1	8 249
	702	22 903	23 605	—	1	5 830
鈴 蘭台	1 056 ⁵⁰	12 825 ⁵⁰	13 882	—	1	1 580
有 計	38 059 ²⁸	1 675 424	1 713 483 ²⁸	6	9	380 006

この10カ年継続事業費総額は105億3100万円であり，本計画は第1次および第2次の各5カ年計画に分れ，第1次5カ年計画は昭和32年度より36年度に至る5カ年とし，中部排水区の污水幹枝線の新設および下水処理場の完成をはかる一方，全市にわたり雨水溝キョ側溝の不良カ所のうち，急施を要するものの整備，雨水ポンプ場の築造，消化槽を主体とする東灘および西部下水処理場の一部築造，および第二阪神国道の新設にともなう下水管キョの布設をなすものである。

また第2次計画は昭和37年度より41年度までとし，他の排水区の污水幹枝線の新設と処理場の完成を主とし，なお残余の雨水キョ改良事業の完備を期するものである。

次に事業の進捗状態については，昭和26年より昭和34年度までの総事業費約19億7800万円におよび，污水幹枝線の布設は中部排水区においては幹線延長11230mのうち7526mが完了，枝線布設面積も計画面積の17%にあたる232.2haが完成し，東灘排水区においても幹線898.2mが布設され，昭和35年度にはポンプ場建設に着手，まず低地帯区域の浸水防止をはかることになる。

処理場建設については，すでに述べたごとく中部処理場も昭和33年11月にはその全施設能力の1/3が完成，運転操作に入っていると同時に，引きつづき施工中であり，西部処理場も昭和34年度には消化槽の完成を見るに至っている。

4. 中部下水処理場第一期工事の概要

(1) 処理区域面積および人口

処理区域：兵庫区，生田区および葺合区生田川以西の区域

計画面積：1374.8ha

計画人口：計画 353108人

第一期工事 117700人

(2) 汚水量

1日平均汚水量：計画 97459m³/日

第一期工事 32486m³/日

1日最大汚水量：計画 139828m³/日

第一期工事 46609m³/日

(3) 所在地および敷地

所在地：神戸市兵庫区上庄通1丁目

敷地：22450m²

(4) 着手年月日

昭和26年4月着工以来，昭和33年11月処理場施設の1/3を完成したのであるが，引きつづき現在施工中である。

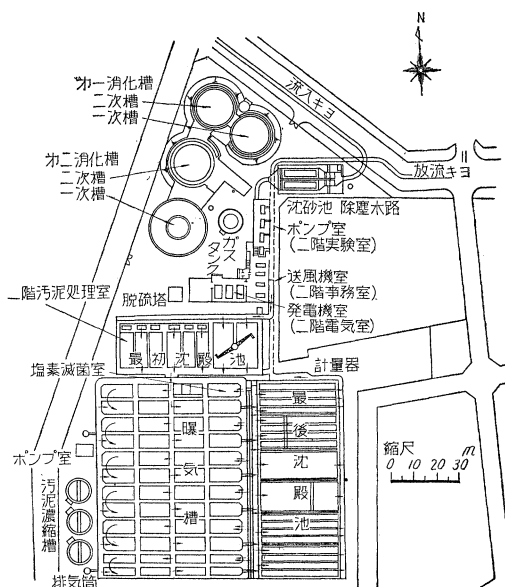
(5) 特徴

a) し尿処理との併合 本処理場は沈砂池，ポンプ場，機械室のごとく同時に全体を完成さす方が有利であるものをのぞき，沈殿池，曝気槽，最後沈殿池などは全体計画の1/3を施工したのであるが，汚泥消化槽のみは全体計画を一時に完成し，そのよゆう分はし尿消化槽として使用することにした。

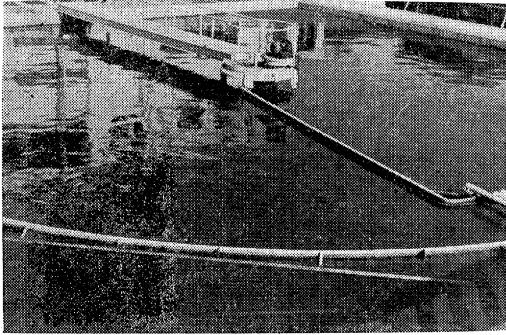
一般に水洗便所が普及されるまでの過渡的措置として下水道流注が行なわれるが，あらかじめし尿消化槽によりB.O.Dの低下をはかつたものを，下水処理とともに併合処理するとき，それだけし尿処理量の増加が得られるからである。

b) 施設 下水処理場は図-2のごとくスクリーン，沈砂池，沈殿池などの予備処理施設，活性汚泥法による曝気槽，最後沈殿池，汚泥の処理のための汚泥濃縮槽，汚泥消化槽(し尿消化槽をふくむ)，脱水施設，機械室，ポンプ室，電気室，水質試験室，事務室よりなっている。

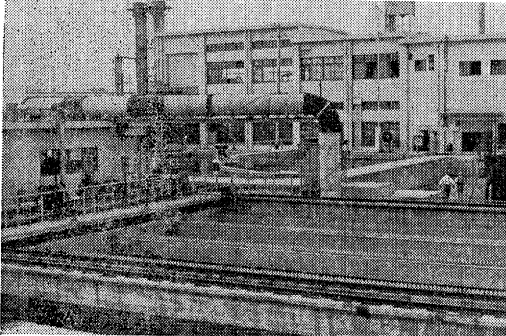
図-2 下水処理場平面図



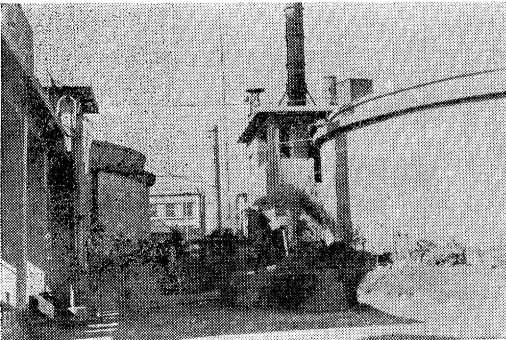
最初沈殿池



最後沈殿池（手前）と事務室およびポンプ機械室

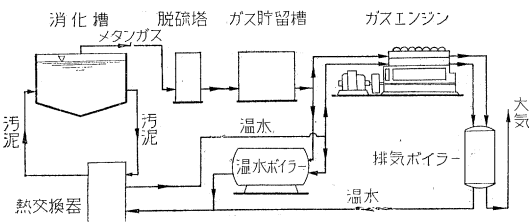


消 化 槽



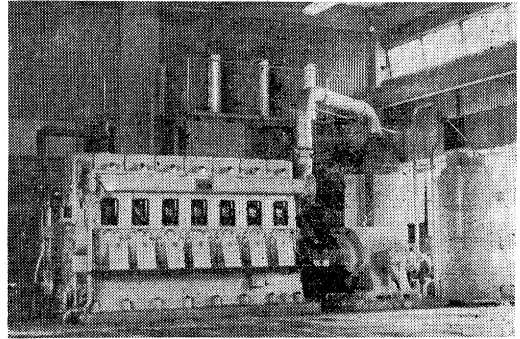
下水処理場用地は市街地を離れて設けることが理想的であるが、本処理場については処理場適地たる海岸はすべて工場その他港湾に係する施設により占められているので、市街地内の震災による空地に施設せざるを得なかつた。そのためにわずか 23 450 m² の敷地内に前記施設を包含できるように、コンパクトなものとし、かつ周囲の環境を損なわぬよう注意を払つた。

図-3



活性汚泥法は本処理場の立地条件に最も適するものであるが、一方において運轉動力費がかさむので、これが軽減をはかるため、汚泥消化槽あるいは尿消化槽からの発生ガスを動力用に利用せんと、ガス ディーゼル エンジンを設置した。

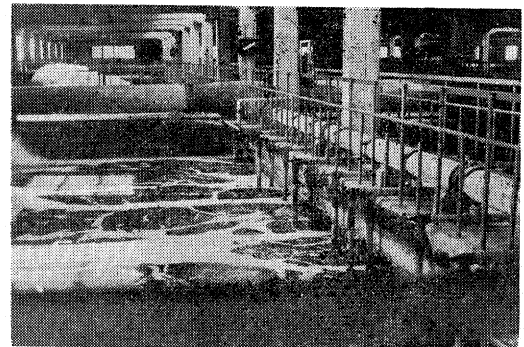
ガス ディーゼル エンジン



また除塵水路、沈砂池のごとき深い水路において最も適するものとして、ごみかきあげ機はワイヤーかきあげによる自動かきあげ式、沈砂かきあげ機はエンドレスチェーン駆動、V型バケット式とした。

曝気槽はステップ エア レーション式とし、汚泥の再曝気、下水の分割流入などをも行ないうるものとし、将来の下水量の増加に備えるものとした。

曝 気 槽 内 部



汚泥の最終処分については、先に筆者などが行なつたごみ類のごとき有機性固形物質の高速堆肥化(Composting)の実験をもとに消化→機械脱水→天日乾燥(2日程度)→粉碎→堆肥化の方法をとることにし、肥料として農村への供給をはかることにした。

なお汚泥の機械脱水については、真空ろ過機、遠心分離機などが考えられるのであるが、本市においては運轉の簡易なる点より後者を試験的に採用することにした(ただしその後の実際運轉によるとき、脱水効率、固形物回収率においては、し尿消化汚泥の脱水には満足すべきも、下水消化汚泥についてはコロイド性微粒子が多いため、その成績は前者の場合よりはおとる)。

以上要するにわが国の下水処理は10数年にわたる空白時を経た欧米のそれに比していきさか立ちおくれの感

表-4 主要設備概要

設 備	内 容	数 量		備 考
		計 画	現 在	
1. 流入幹線	内径 1800 mm ヒューム管, 管底高市基準-2.734 m			
2. 除塵水路	巾 2.30 m, 長 9.95 m, 電動式 (3 HP), 概上スクリーンフル目 25 mm	2 水路	2 水路	
3. 沈砂池	巾 4.30 m, 長 15.80 m, 水深 1.19 m, 滞留時間 1 分, 電動式 (3 HP) エンドレスチェーン駆動V型バケット式沈砂掻上機	2 池	2 池	(雨天時時間最大汚水量)
4. 揚水ポンプ	口径 500 mm, 渦巻ポンプ, 電動式 90 HP, 排水量 33 m ³ /分	1 台	1 台	
	口径 700 mm, 渦巻ポンプ, 電動式 175 HP, 排水量 65 m ³ /分	3 台	2 台	
5. 最初沈殿池	巾 20 m, 長 20 m, 有効水深 3.6 m, 沈殿時間 44 分, ドル式汚泥掻寄機	1 池	1 池	(1日最大汚水量)
	巾 6 m, 長 20.3 m, 有効水深 3.6 m, 沈殿時間 40 分, エンドレスチェーン駆動掻板式汚泥掻寄機	2 池	—	() 工事中, 昭和 34 年度完成の予定
6. 曝気槽	巾 7.0 m, 長 125 m, 水深 4.5 m, 曝気時間 5.46 時間, B.O.D 負荷率 0.3 kg/日/1 kg 汚泥	6 槽	2 槽	(1日平均汚水量) 残工事は昭和35年度着工の予定
7. 送風機	送風量 80 m ³ /min, 風圧 0.633 kg/cm ² , 電動式 180 HP	1 台	1 台	
	送風量 160 m ³ /min, 風圧 0.633 kg/cm ² , 電動式 330 HP	2 台	1 台	
	送風量 250 m ³ /min, 風圧 0.633 kg/cm ² , 電動式 480 HP	1 台		
8. 最後沈殿池	巾 13.8 m, 長 35.0 m, 有効水深 3.7 m, 沈殿時間 92 分, せき長負荷 58 m ³ /m ² /日, 水面積負荷 40.4 m ³ /m ² /日, 電動式 (2 HP), 走行式梁泥機	6 池	2 池	
9. 消毒設備	真空式 塩素減菌機 塩素量 10 kg/h	4 基	1 基	
10. 放流キョ	鉄筋コンクリート矩形キョ, 巾 1.65 m, 高 1.65 m, 兵庫運河へ放流			
11. 汚泥濃縮槽	内径 9 m, 側深 3.6 m	3 槽	3 槽	
12. 第一消化槽	1次槽 内径 17.0 m, 側深 8.5 m, 容量 1 930 m ³	1 槽	1 槽	加温式 2 段消化, 槽内温度 30°C, 消化日数 30 日
	2次槽 内径 17.0 m, 側深 7.5 m, 容量 1 700 m ³	1 槽	1 槽	
13. 第二消化槽	1次槽 内径 25.0 m, 側深 7.8 m, 容量 3 660 m ³	1 槽	1 槽	
	2次槽 内径 19.0 m, 側深 6.7 m, 容量 1 885 m ³	1 槽	1 槽	
14. 汚泥脱水設備	模型連続遠心分離機処理能力 4 t/h 電動式 40 HP	6 台	2 台	
15. ガス貯溜槽	内径 8.6 m, 貯溜量 250 m ³	1 槽	1 槽	
16. 脱硫設備	湿式脱硫, 脱硫塔径 0.8 m, 高 10.0 m 1 基, 再生塔径 1.3 m, 高 15.0 m 2 基	1 式	1 式	
17. ガス発電設備	複燃料ディーゼル機関出力 300 HP, 3 300 V 250 kVA, 3 相交流発電機	3 基	1 基	
18. 事務室およびポンプ機械室	鉄骨鉄筋コンクリート造 2 階建 建築面積 1 676 m ² , 1 階ポンプ室, 送風機室, ガスエンジン室, 2 階事務室, 水質試験室, 電気室, 汚泥処理室	1 棟	1 棟	

のとなれば一般財源, 下水道使用料の適正なる配分法を考えた長期にわたる財政計画を再検討し, 下水道使用料などの増額を企図することも必要であろう。

また下水道の布設にともない各戸の排水設備, 水洗便所への改良は助成, 資金貸付をなしているにもかかわらず, 目下のところはその普及度がよくない。これについては市民への啓蒙を一段とくふうし, また将来は下水道普及区域のし尿汲みとり禁止対策を講ずべきでなからうか。

(2) 下水排除

下水排除法としてわが国において行なわれている方法は, 主として合流式であるが, 降雨時において下水管からの汚水の越流なく, 河川の清潔を保ちうる点においては分流式がまさるわけである。しかしながら分流式の場合においては汚水管, 雨水管の両方を新設せんとするとき, 1本の管でよい合流式に比して明らかに工事費は大となり, またせまい街路には2条の管を敷設することは

容易でない。

本市においては, とりあえず汚水管の新設を急ぎ, 雨水排除については表面排水的な考えをもつて既設側溝と暗キョをもつて排水することにしてしているのであるが, 将来は逐次側溝などの整備を行ない, 街路としての体裁をととのえる必要があろう。

また山麓の開発にともない土砂止め工事を厳格に行ない, 山地水についてはできるだけ, 現在河川に流入せしめるようにすべきであるが, なお部分的に雨水幹線の新設を必要とするであろう。

豪雨の場合の急斜面からの排水が平坦部において浸水を起こすことがしばしばであるが, これが転移点の改造等を考慮すべきであろう。

汚水幹枝線の布設にあたっては, 特にその継手工法を入念にし, 浸透水の混入を極力防ぐべきであろう。また海岸線の施工にあたりては塩分の混入防止上必要でありこのことは将来下水処理水を工業用水などに使用せんと

するときの必要条件となろう。

(3) 下水処理

本市の下水処理場は当分の間は下水（水洗便所によるし尿をもふくむ）とし尿（汲みとり）との併合処理場ともいうべく、たとえし尿はあらかじめ消化槽により予備処理されとも、その B.O.D は下水の B.O.D の 20 倍を前後するから下水量がし尿量に比して小なる場合は、活性汚泥法処理上、大きな影響をおよぼすことは明らかである。

一般下水について B.O.D 除去率と B.O.D 負荷/活性汚泥量/日との関係は大体明らかにされているが、活性汚泥法による高度のし尿性有機物混入の下水処理については今後の研究課題となろう。

下水汚泥の処分についてはその都市の立地条件に左右されることが大であるが、中部処理場においては敷地面積に制限をうけた事と、悪臭の発生防止、経済面を考慮し消化→機械脱水→天日乾燥→粉碎→堆肥化（Composting）の行程を採用した。この Composting の方法は汚泥、スクリーンかす、ごみなどの有機性固形質の処分方法としては、投棄処分と焼却処分の中間的な処分法として採用の価値あるものと思うのであるが、これが妥当であるかどうかについては、今後の実績により検討する必

要があろう。

下水処理水を工業用水に還元することは、東京都三河島下水処理場においてすでに実施されているが、本市の下水処理場の場合にも、付近工場地帯からの需要に応ぜられるような処理基準および施設内容とすべきであろう。

下水処理場の用地は中部下水処理場のごとく、既成市街地に設定せられ、また東灘、西部下水処理場のごとく高価にして利用度の高い港湾埋立地内に予定するなど、敷地面積を極力小さく採ることが望まれるので、コンパクトな施設とする必要があり、処理過程の各单位操作の機械化と、高能率を考えることが必要となろう。

垂水排水区においては地形上、分散せる小処理場を有利とするのであるが、住宅地域である関係上、やはり処理施設そのもののはできるだけコンパクトな高能率のものとすると同時に、一方その敷地は大きくとり、樹木等を密生させて付近住宅に親しみやすいものとする必要があろう。

参考文献

海淵養之助：神戸市中部下水処理場の概要，水道協会雑誌第 301号，昭.34.10. p.51~59

Yonosuke Kaibuchi：Researches on the composting of Refuse and Garbage in Kobe City.

コンクリートパンフレット 各号共 A5 判 1部 60 円 十 10 円

62 号 プレストレストコンクリート橋の架設 (上) 54ページ
63 号 プレストレストコンクリート橋の架設 (下) 48ページ

国鉄・構造物設計事務所 野口 功氏 } 共同執筆
小寺 重郎氏 }

各国（主としてフランス，ドイツ）の PC 橋の種々な架設方法を紹介し，その特質を説明したもので，わが国でも PC 橋が益々普及している折から，関係技術者向の絶好の参考書となろう。

61 号 **コンクリート道路指針（問答集）** 88 ページ

英国科学工業局道路試験所編 近藤泰夫氏訳
英国セメントコンクリート協会刊

“Guide to Concrete Road Construction” Questions and Answers の翻訳で，全体をわかりやすい問答形式で解説したもの。

東京都港区赤坂台町1番地
振替東京 196803・電話(481) 8541~3

日本セメント技術協会