

③豊かな水環境の創造のために

横浜市下水道事業におけるエネルギー対策

中村芳之 小林 清 田口政一 亀山建一 岡田 完 野口弘行 中村英治

一 まえがき

横浜市の本格的な下水道事業の開始は、東京、大阪、名古屋、京都など、戦前から下水道事業を進めていた大都市からは大幅に遅れ、昭和三十三年の中部処理区の事業着手を待たなければならなかった。しかし、事業着手後は、他都市に例を見ないスピードで下水道整備が進められ、昭和三十七年の中部下水処理場運転開始時には、直接汚水を下水道に放流できる区域に居住している人口は、わずか六万一千二百人であったものが、平成元年度末では二百七十二万一千人となり、総人口に対する普及率は八五％に達している。この間、下水管の延長八千三百八十四km、ポンプ場二十二カ所、下水処理場十一カ所、汚泥処理センター二カ所が完成している（図1、表1、2）。

下水処理場および汚泥処理センターでは、基本的には微生物の働きを利用して下水の処理

（活性汚泥法）と汚泥の処理（嫌気性消化法）を行っている。また、当面の最大の課題である

処理水の高度処理法の実験やさまざまな省資源・省エネルギー対策などにも取り組んでいる。

今後は、西暦二〇〇〇年の普及率一〇〇％を目指し水洗化事業を進めると共に、遅れ気味の浸水対策下水道整備を促進していく必要がある。また、公共用水域の水質の一層の改善のため、下水処理水の高度処理の事業化にも取り組んでいくことが急務となってきた。

二 ———— さまざまな省資源、省エネルギー対策
（横浜市におけるこれまでの対策及び今後の課題）

横浜市の十一カ所の下水処理場と南北二カ所の汚泥処理センター及び五十八カ所の中継、排水ポンプ場では、現在一日当たり約百三十万m³の下水と約四百五十トンの汚泥ケーキを処理し

- 一 ———— まえがき
- 二 ———— さまざまな省資源、省エネルギー対策
- 三 ———— 資源としての下水処理水
- 四 ———— 資源としての下水汚泥
- 五 ———— 豊かな水環境の創造
- 六 ———— むすび

ている。

こうしたなかで、それぞれが使用しているエネルギーは、昭和六十二年度の数値で示すと表3のとおりで、これを重油に換算すると五万トンタンカー一隻分に相当する。この量から考えると、下水道事業本来の役目と共に設備の省資源、省エネルギー化を進めることは、極めて重要なことと、とらえているところである。

材料としての下水の活用としては、下水処理水の持つ熱エネルギーを冷暖房空調設備の熱源として、また処理水の再利用では植物の栽培試験を行っているほか、処理水をせせらぎ用水等に使用することを目的とした実験も行っている。

一方、下水処理の過程で発生する汚泥は、消化ガス発電の燃料や肥料、建設用資材として一部活用しつつ、一方で安定的な処分方法を模索しているところである。

省エネルギー対策を大別すると、
・管理上の工夫による節約

- ・ 熱エネルギーの有効利用
 - ・ 高効率装置の導入と機器の改良
 - ・ 処理過程で発生する資源の有効利用
- 等があるが、これまでに本市が実施している事例について概要を説明する。

① ポンプの速度制御

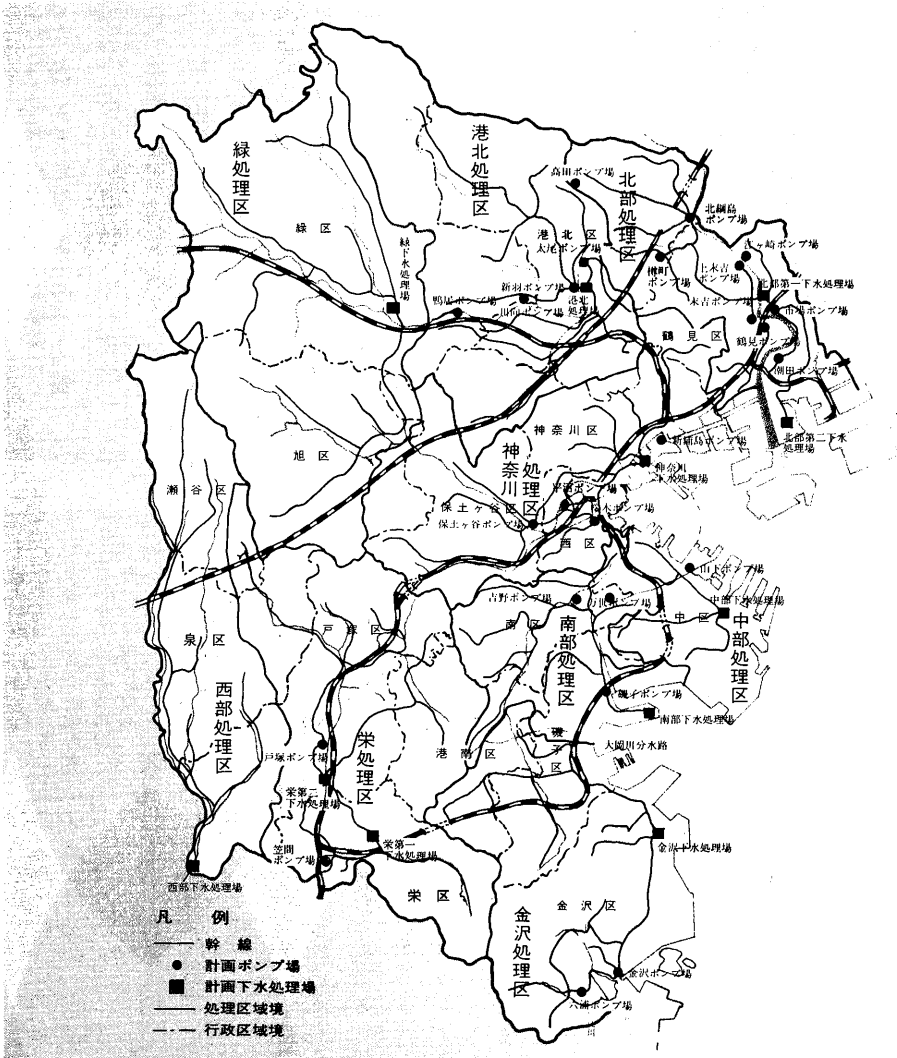
下水処理場に流入する下水量は住民の生活パターンや、時間、天候、季節等さまざまな条件によって変動する。このため従来はポンプの吐出弁を絞って、流量をコントロールする等の方法を行っていたが、この場合は大きな電力損失を生じるため、昭和五十二年からポンプ場、下水処理場の汚水ポンプの一部に電力回収型（静止セルビウス装置）の装置により電力回収を行い省エネルギー化を図っている。これによるエネルギー回収は、年間約二百六十万キロワット時となっている。

② エアレーションタンクの空気量制御と

微細気泡形散気装置の使用

下水処理場の中で最も多量に電力を使用する機器は、下水処理の心臓部ともいえるエアレーションタンクに空気を吹き込む送風機の動力で、標準活性汚泥法の場合、図12のとおり総使用電力の約三六%を占めている。一般的には流入

図一 公共下水道計画図



表一 下水処理施設一覧

(平成元年3月末現在)

処理場名	所在地	敷地面積	計画				現在		処理方式	放流水域	運転開始年月
			処理面積	処理能力 (相当人口)	処理面積	処理能力					
1 北部第一	鶴見区元宮二丁目6番1号 ☎572-2281	m' 100,320	ha 2,150	m ³ /日 196,000(377,000)	人 1,856.3	ha 1,856.3	m ³ /日 196,000	高級処理 (活性汚泥法)	鶴見川	43・7	
2 北部第二	鶴見区末広町一丁目6番8号 ☎503-0201	371,400	974	86,400(166,000)	651.8	86,400	86,400	〃	東京湾	59・8	
3 神奈川	神奈川区千若町一丁目1番地 ☎453-2641	103,000	5,122	543,200(1,084,000)	4,225.0	380,200	380,200	〃	〃	53・3	
4 中部	中区本牧十二天1番1号 ☎621-4114	68,300	1,287	96,300(185,000)	881.8	96,300	96,300	〃	〃	37・4	
5 南部	磯子区新磯子町39番地 ☎761-5251	70,620	2,458	225,000(433,000)	1,963.8	225,000	225,000	〃	〃	40・7	
6 金沢	金沢区幸浦一丁目17番地 ☎773-3096	244,940	5,082	345,000(663,000)	3,370.6	230,000	230,000	〃	富岡川	54・10	
7 港北	港北区太尾町1805番地 ☎542-3031	125,360	6,270	439,000(844,000)	2,093.7	172,500	172,500	〃	鶴見川	47・12	
8 緑	緑区佐江戸町25番地 ☎932-2321	87,000	8,096	433,000(833,000)	2,579.9	126,000	126,000	〃	〃	52・5	
9 西部	戸塚区東俣野町231番地 ☎852-6471	104,940	4,087	191,000(367,000)	695.2	63,600	63,600	〃	境川	58・3	
10※栄第一	栄区小菅ヶ谷町1215番地 ☎891-9711	31,260	2,004	124,000(238,000)	916.7	62,000	62,000	〃	抽川	59・12	
11※栄第二	栄区长沼町82番地 ☎861-3011	88,450	4,232	206,000(396,000)	2,901.4	206,000	206,000	〃	柏尾川	47・10	

※印は平成元年4月1日から名称変更

汚泥処理施設一覧

施設名	処理形態	処理能力	運転開始年月
北部汚泥処理センター	受泥－濃縮－消化－脱水－焼却	1号炉 100 t 汚泥ケーキ/日	S56・8
		2号炉 150 t 汚泥ケーキ/日	S60・3
		3号炉 150 t 汚泥ケーキ/日	S62・7
		4号炉 150 t 汚泥ケーキ/日	H1・10
南部汚泥処理センター	受泥－濃縮－消化－脱水－焼却	1号炉 100 t 汚泥ケーキ/日	S53・6
		2号炉 150 t 汚泥ケーキ/日	S57・11
		3号炉 150 t 汚泥ケーキ/日	H1・11
		湿式酸化 1,142m ³ /日	S58・2
南部下水処理場	汚泥乾燥	700kg/時(生産量)	S50・6

表一 2 ポンプ場施設一覧

(平成元年3月末現在)

区分	目的	ポンプ場名	所在地	計画		現在揚水		放流水域	運転開始年月
				敷地面積 m ²	排水面積 ha	揚水能力 m ³ /秒	能力 m ³ /秒		
稼 働 中 の ポ ン プ 場	1	市場	鶴見区市場下町7番11号	6,910	104	9.10	9.06	鶴見川	34・7
	2	末吉	鶴見区下末吉二丁目1番2号	2,220	428	10.40	10.29	〃	39・3
	3	鶴見	鶴見区鶴見中央二丁目20番24号	3,330	310	12.30	12.29	〃	47・6
	4	樽町	港北区樽町三丁目9番11号	13,540	604	46.20	41.89	〃	42・4
	5	北綱島	港北区日吉六丁目14番1号	6,300	913	29.20	29.15	矢上川	47・5
	6	桜木	西区戸部本町51番1号	3,160	1,801	28.90	28.86	石崎川	45・8
	7	保土ヶ谷	保土ヶ谷区天王町二丁目43番地	15,000	2,087	34.40	31.50	帷子川	53・9
	8	磯子	磯子区磯子二丁目29番19号	4,960	2,112	42.20	42.20	東京湾	40・7
	9	金沢	金沢区平潟町地先	14,000	390	65.10	56.87	〃	56・3
	10	太尾	港北区太尾町2143番地	8,640	94	14.80	14.77	鶴見川	41・4
	11	新羽	港北区新羽町745番地	9,340	4,122	67.30	57.08	〃	53・5
	12	戸塚	戸塚区戸塚町127番地	5,690	203	33.90	31.60	柏尾川	54・10
	13	上末吉	鶴見区上末吉二丁目19番地3号	2,650	132	13.20	10.95	鶴見川	62・3
	14	高田	港北区高田町555番地	4,930	305	33.80	24.64	早渕川	60・3
	15	潮田	鶴見区向井町二丁目66番地の1	4,660	178	5.30	5.28	鶴見川	30・8
	16	山下	中区山下町279番地	1,870	117	14.50	14.40	東京湾	62・10
	17	万世	南区万世町二丁目29番地	2,490	241	21.70	20.67	中村川	62・10
	18	吉野	南区吉野町五丁目26番地	1,490	258	20.70	20.33	中村川 大岡川	元・3
	19	六浦	金沢区六浦四丁目5番15号	3,000	102	11.40	11.43	六浦川	48・11
	20	川向	緑区川向町1266番地	21,720	436	20.70	15.54	大熊川	61・3
	21	鴨居	緑区東本郷町字西耕地113-1	6,250	188	19.00	17.49	鶴見川	61・3
	22	笠間	栄区笠間町1586番地	4,950	124	13.90	13.68	柏尾川	57・7

表一 3 処理場・ポンプ場のエネルギー使用量

	処理場	ポンプ場
電力 (kWh/年)	189,940,747	25,696,878
重油 (L/年)	1,114,000	551,110
ガス (m ³ /年)	158,556	16,366

下水量の三〜七倍の空気量を設定して送風する場合が多いが、送風量を一定にして運転すると、流入水量や水質が時々刻々変動するため、送風量が過大になったり過小になったりするので電気エネルギーを無駄に消費する。このため送風量は、流入下水水量や下水中の溶存酸素量の変化に対応させて空気量制御を行い、適量に保ち、省エネルギー化を図っている。

また、エアレーションタンクにおいて空気中の酸素を供給するために、各種散気装置を使用しているが、施設の増設や古い処理場の改良、更新に際しては、従来の粗大気泡形（酸素溶解効率六％）から、より大きい省エネルギー型の微細気泡形装置（酸素溶解効率一四％以上）を導入している。これらによるエネルギー回収は年間約五百三十万キロワット時となっている。

③—微生物脱臭装置

下水処理場で行われている臭気対策として各種の方法が実施されているが、大別して二通りの方法に分けることができる。ひとつは物理化学的作用を利用したものとして薬液吸収法、活性炭吸着法、触媒酸化法、直接燃焼法等がある。もうひとつは生物学的作用を利用したもので、これには土壌脱臭法、コンポスト脱臭法、活性汚泥法等があるが、本市では下水処理場に豊富

にある活性汚泥中の微生物を用いた脱臭方法（微生物脱臭装置）を多く導入している。この方法は土壌脱臭と比較した場合、
 ・脱臭効果として同等である
 ・設置スペースが小さい
 ・維持管理費が安価である
 等の省エネルギー型脱臭法である。

④—卵形消化タンク

卵形消化タンクは、従来の円筒形の消化タンクに比べ図-3のように、
 ・攪拌に要する動力が少ない
 ・攪拌域が大きい
 ・底部の形状から砂が推積しにくい
 ・スカム（浮きかす）の発生が少ない
 ・外表面積が小さいため放熱熱量が少ない
 等の利点がある。消化タンクでは、種々の嫌気性微生物により汚泥中の有機物を分解（ガス化・液化）し、汚泥を減量化安定化するものであり、消化過程で可燃性の消化ガスがより多く得られている。

⑤—消化ガス

消化タンクからは、消化ガスが汚泥投入量の十八〜二十倍程度発生する。この消化ガスの利用は、ガス発電設備に約七〇％、汚泥焼却炉に

図-2 各処理場設備別電力量内訳

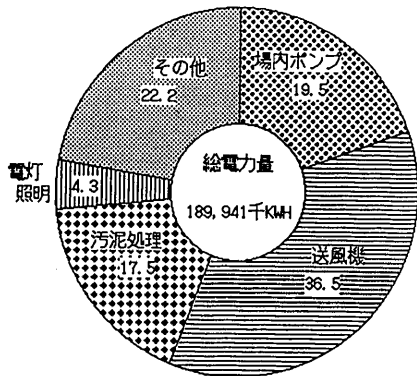
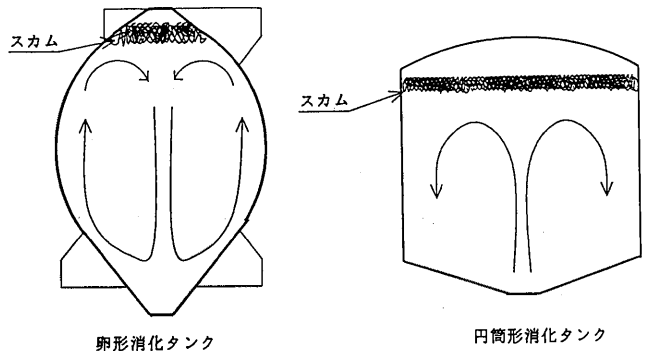


図-3 卵形消化タンクと従来の円筒形消化タンク



約三〇%を燃料として供給し、この量は都市ガス使用量に換算すると、年間七百万N_m³の節約になる。

⑥ 消化ガス発電

汚泥処理センターでは、卵形消化タンクから発生する消化ガスを利用した消化ガス発電を行っている。従来の発電システムでは消化ガスエネルギーを一〇〇%とすると、最後の電気エネルギーは三〇%前後で、残りの七〇%前後は損失として失われてしまい、大きなエネルギーロスとなっていたが、汚泥処理センターにおけるガス発電では、消化ガスの有効利用率は六五〜七五%となっている。図-4に消化ガス発電熱バランスを示す。

発生電力は、北部汚泥処理センターで年間約千六百万キロワット時、また南部汚泥処理センターでは年間約三百八十万キロワット時にのぼる。これらは、電力会社系統の電源と常時並列して必要な負荷設備に供給しており、それぞれ北部汚泥処理センターで六〇%以上、南部汚泥処理センターで三〇%以上の電力を賄っていることになる。さらに、エンジンの排ガスを熱交換器により、消化タンクの加温用の熱源、管理本館の冷暖房装置等に使用している。

⑦ 焼却設備

汚泥処理センターでは、汚泥ケーキを最終焼却処理する流動層焼却炉を設置している。この焼却炉は、廃熱の回収や消化ガスの利用、効率の燃焼制御装置等により省エネルギー型焼却システムを構成している。その内容を概説すると次のとおりである。

① 乾燥工程

汚泥ケーキは、焼却炉投入前に乾燥工程に搬送する。乾燥機は、間接加熱型で焼却炉からの燃焼廃ガスから得られた蒸気を利用し加熱乾燥し、約七六%から約六〇%に含水率を低下させている。これにより焼却炉では、補助燃料を汚泥ケーキ一トン当たり五十m³の都市ガスを消費していたものを十分の一以下にして、ほとんど補助燃料を必要としない自然温度領域で燃焼させている。

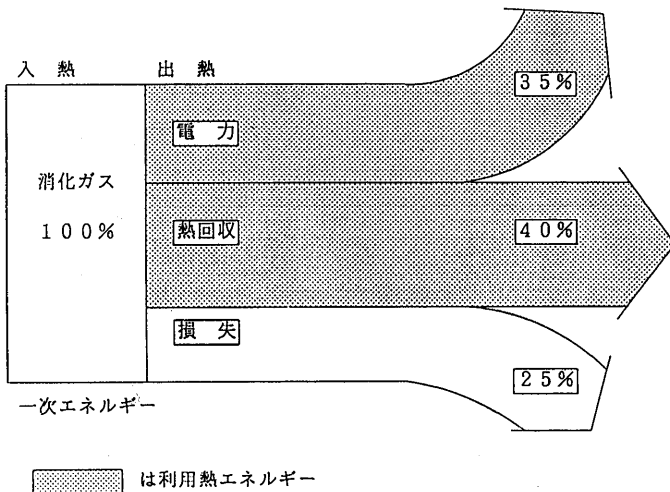
② 流動化空気の予熱

流動焼却炉は、炉下部より供給される空気により炉内の流動媒体(けい砂)を流動化し、層内で急激な熱を汚泥ケーキに伝達し、水分を蒸発させるとともに汚泥を燃焼分解させる。流動化空気は、空気予熱器で燃焼廃ガス(約八五〇度)に熱交換して、約四五〇度まで昇温し炉内に送られる(図-5)。

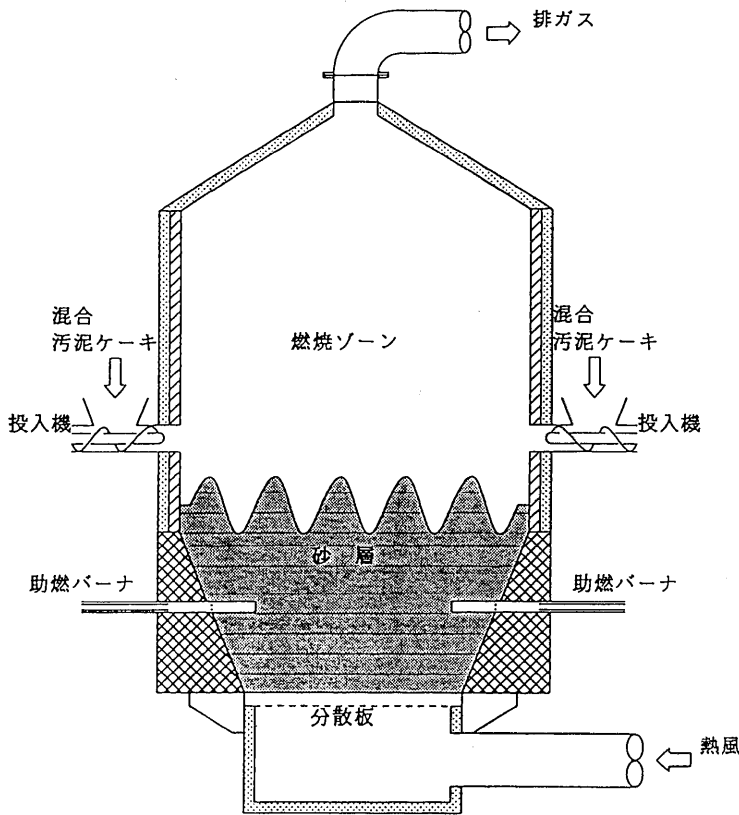
③ 流動化ブローアの酸素制御

流動化ブローアは、ケーキ及び補助燃料ガスが完全燃焼するための必要空気を外気より取り入れ供給するものであるが、廃ガス中に含まれる酸素が過剰であると、加熱された過剰空気を放出することとなり、熱損失及び空気動力の損失となるので、廃ガス中に含まれる酸素を監視制御し、エネルギー損失の防止と燃焼効率を高く

図-4 消化ガス発電熱バランス



図—5 流動焼却炉



⑧—遠心濃縮機

従来の重力法、加圧浮上法等による濃縮方法では濃度が二〜三％程度までが限度であった。しかし汚泥処理経費等節減のため遠心濃縮機を導入したことにより、五％以上に安定した濃縮が可能となった。遠心濃縮機は高い濃度が得ら

れている。

⑨—高圧ベルトプレス型脱水機

脱水工程は、焼却プロセス等に与える影響が大きい。このため使用する脱水機は、含水率をより低くし、さらに薬品添加率を抑える機種であることが求められる。高圧ベルトプレス型脱

れる他、密閉型であるため、運転操作性、臭気対策等環境対策にも優れている。

水機は、消費電力面では従来の遠心脱水機が、消化汚泥1m³につき五キロワット程度かかるのに対し、高圧ベルトプレス型は三キロワット時であり、また振動・騒音等の問題も少なく、従来の遠心脱水機に比べ省エネルギー型となっている。

⑩—照明設備の効率的な管理

外灯照明の間引きや点灯時間を調整して細かい工夫を行っている他、照明装置の集中管理を導入し、電力節減効果をあげている。

⑪—下水管の情報通信網としての利用

下水管の中に光ファイバーケーブルを敷設し、下水管を情報通信網として利用することを一部進めている。中部下水処理場〜山下ポンプ場間、南部下水処理場〜吉野ポンプ場、万世ポンプ場間をそれぞれ光ファイバーケーブルで結び遠方監視制御を行い、運転管理や施設の情報連絡を効率的に行うことが可能となっている。

⑫—今後の課題

最近では、化石燃料の大量消費に伴う酸性雨や地球温暖化現象が大きな問題として世界の関心を集めているなかで、下水道担当者としてエネルギーの節約に真剣に取り組む必要がある。

省エネルギー対策は、計画、設計、維持管理の各段階においてそれぞれ検討する必要があり、計画的に進めるには現有施設についてのエネルギー使用の実態と分析、効果の把握が必要である。これらの解析結果から、

- ・ 運転方法の改善、自動化の導入によるエネルギー使用の効率化
 - ・ 既存技術を利用したシステムの改良
 - ・ 新たな技術開発によるもの
- 等の方法から実施する必要がある。

一般に操作単位あるいは機器ごとについての省エネルギー対策は、相当実施してきたが、今後の省エネルギー対策として「トータルエネルギー有効利用システムの構築」という考え方で、部分的な省エネルギーからシステム全体としてのエネルギーの有効利用を進める必要がある。

三——資源としての下水処理水（横浜市における下水処理水再利用の現状および今後の課題）

① 下水処理水再利用の現状

本市の下水処理水量は、昭和六十三年で約四億四千万m³にのぼっており、下水道の普及に伴って、さらに増加していく見込みである。図一6に年度別下水処理水量と下水道普及率を示す。

こうした中で、下水処理水を水資源として有効に利用していくことは、都市における水需給の不均衡改善に大いに役立つものと思われる。

横浜市では現在までのところ、下水処理水の再利用については、局内の事業として可能な部分に止まっているが、将来的には他都市の例（東京都の新宿副都心への水洗トイレの洗浄水としての給水、福岡市における官公庁ビルへの雑用水としての給水等）にもあるように、必要に応じて対応していくことは、可能である。下水道局では、下水処理水を積極的に下水処理場の「場内機器等への再利用」を進め、省資源化を図っている。下水処理水の再利用は、飲料水、ボイラー給水等のように上水道でなければならぬ用水以外を対象とし、下水処理水を急速濾過装置により濾過して使用している。

⑦ 場内機器等への再利用は、機器の冷却水等

汚水・雨水ポンプの冷却水・軸封水、沈砂池設備の洗浄水、污泥脱水機の薬品溶解等への使用。（約六百五十万m³）

⑧ 施設・設備の清掃

沈砂池、最初沈殿池、エアレーションタンク、最終沈殿池等の施設・設備の清掃への使用。（約八十万m³）

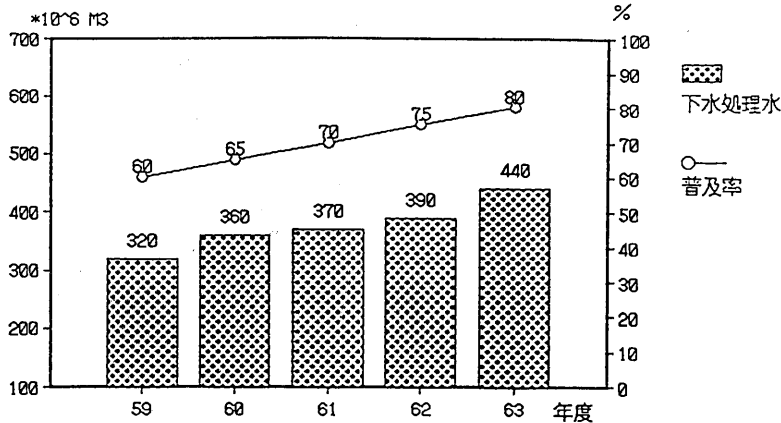
⑨ 場内の散水等

場内の芝生や樹木の散水への使用。（約十萬m³）

⑤ 修景用水
下水道のPRの一環として、処理水を利用した修景池で、清流でしか生活の出来ないアユ等の魚の飼育やゲンジボタルの飼育等の実施。（約百二十万m³）

⑩ 処理水の熱エネルギー利用

図一6 年度別下水処理量と下水普及率



下水処理場に流入してくる下水は、都市の廃熱を取り入れて地下を流れているため、水温が一定（一五度〜二五度）している。冬は大気や水道水に比べて暖かく、夏は大気に比べて低い温度を保っている。この様な特性をもつ下水は、熱源として活用が可能である。低温部から高温部へと熱を移動させる働きをもつヒートポンプを使って冷温水を作り、冷暖房に使用することができる。これにより、維持管理費の節減や石油やガスを燃やさないため大気汚染がないなどのメリットがある。現在、中部下水処理場で、温室（汚泥焼却灰園芸資材による各種草花の栽培）の冷暖房や、金沢下水処理場で事務室等の冷暖房を実施している。また、親水的観点から、都市のうるおいを創造するための「水と緑」に重点を置いた「ウォータースクウェアプラン」構想の一環として、緑区における「江川せせらぎ回復事業」（後述）の用水として使用する実施計画も進んでいる。

なお、下水処理場での処理水利用率は、昭和六十三年度において処理水使用量約八百六十万 m^3 に対して、上水約二万四千 m^3 と、約九七％と年々増加している。これにより、下水処理場では、ほとんどの用水に処理水を再利用していることが分かる。図一七に昭和六十三年度下水処理場における処理水再利用内訳を示す。

②—今後の課題

下水処理水を「場内機器等への再利用」以外特に、下水道事業の枠外で有効利用していくためには、次のような課題がある。

⑦法制面での整備

下水処理水の再利用についてはこれまでのところ、モデル事業あるいは、下水道事業の枠のなかで行われている。今後水需給の逼迫状態が続くとすれば、法制面での位置付けを明確にしていくことが大きな課題になろう。

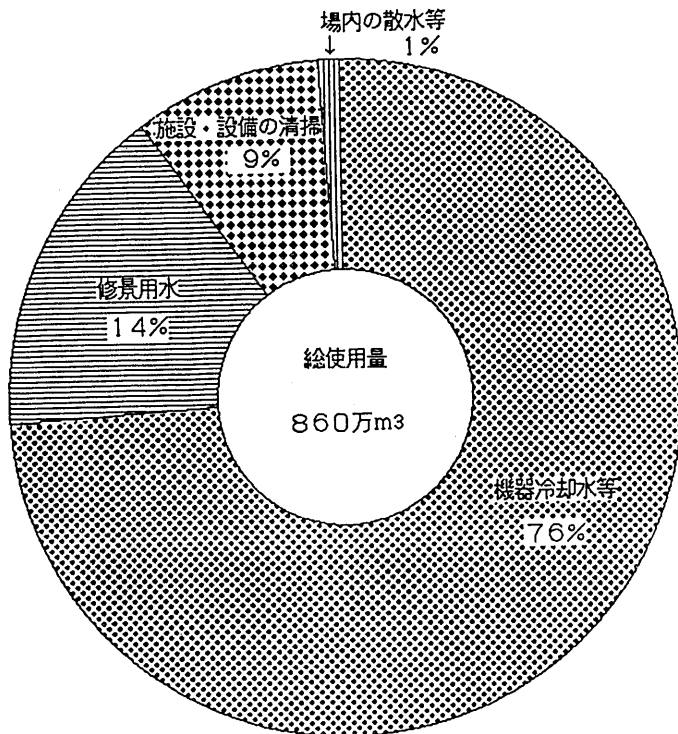
⑧規模と用途

下水処理水の供給先や供給量により、二次処理水の濾過施設能力や水質管理が問題となってくる。

⑨水質管理

現在、建設省下水道部で制定した「下水処理水循環利用技術指針案」の基準値があるが、再利用の用途が多用途すると、使用目的による水質基準の設定を検討

図一七 昭和63年度下水処理場における処理水使用量



討する必要がある。

⑩コストと料金

二次処理水を濾過するためにかかる費用の回収や財源の負担を検討し、下水処理水の料金を設定する必要がある。

⑪施設基準・技術基準

下水道や上水道については、それぞれ設計指針や維持管理指針が設定されているが、再利用

装置等についての施設基準や技術基準が設定されていない。

今後、技術革新、社会のニーズの変化に対応したさまざまな再利用が進められることになろうが、下水道に課せられた新しい役割と受け止め、積極的に取り組んでいくことが必要であると考える。

四——資源としての下水汚泥

①—下水汚泥の処理・処分の基本的考え方

下水汚泥の処理・処分に当たっては、下水汚泥が人間生活の営みの結果発生するものであることを、まず認識する必要がある。これは、人類が生存するかぎり永久に下水汚泥の発生が続くことを示し、どこかで止めるわけにはいかないものである。従って、下水汚泥の処理・処分に当たっては、原則として最終的には自然界へ還元して、環境サイクルの系へ乗せて考えるべきものである。

現況では下水汚泥の処理・処分の大部分は埋め立て処分であり、この方法が将来とも可能であればよいが、ゴミ処分地の現状から考えても、この方法に長期間期待することは困難である。従って下水汚泥の最終処分としては、質的に安

全な汚泥の生産等さまざまな課題の解決は当然として、できれば資源として大地への還元へ（農地、牧場への肥料としてまたは二次加工品としての利用等）と海洋への還元（単なる投棄、水産資源のかん養など）を積極的に開発すべきである。

②—現在の下水汚泥の処理・処分方法

現在わが国で採用されている下水汚泥の処理・処分方法の主なものには、次の方法がある。

①濃縮↓消化↓脱水↓処分

②濃縮↓消化↓脱水↓焼却↓処分

③濃縮↓脱水↓焼却↓処分

①はもともと一般的な方法で、長年にわたって実施されてきたものであり、消化過程で汚泥の安全化、安定化および量の減少をはかり、さらに真空濾過などで脱水し（脱水ケーキ）、より一層の量の減少と運搬の容易化を行うものである。②は①の発展した形で、最終処分量を減らすことを主目的に考えられたものである。また、処分地での臭気等もなくなる。③は②の消化過程を省略した形で、最終的に焼却するならば、一旦消化する必要はないと考えたものである。

③—横浜市における下水汚泥処理・処分

横浜市においては、昭和六十三年度、固形物量にして年間約五万七千六百五十七トンの下水汚泥が発生している。これを主に前記②の方法により処理・処分しており、このうち約二五％にあたる一万四千二百七十九トンが消化により減量され約四万三千三百七十八トンが処分対象の下水汚泥となっている。下水汚泥の処分先は、ゴミ処分地となっており、処分地の延命化を計るため、約九七％にあたる四万一千九百一十トンを焼却処分とし、残りを乾燥汚泥肥料の生産及び都市ゴミとの実験的混焼を行っている。焼却灰の一部は、下水道工事に伴い発生する不良残土の改良材等として使用している。これらのうち主なものを紹介すると次のとおりである。

⑦乾燥汚泥肥料（ハマユキキ）

乾燥汚泥肥料（ハマユキキ）は、汚泥に含まれている肥効成分（窒素・リン）に着目して、横浜市においてももともと早く実用化され、昭和五十二年度に神奈川県から特殊肥料として認可され、製造、販売を進めているものである。これは、脱水ケーキをロータリーキルン型の乾燥機で含水率六〇七％まで乾燥させ、細粒化し、取り扱いやすくしたものである。製造施設は南部下水処理場であり、製造能力は七百kg/hrで昭和六十三年度の販売実績は五百三十トンである。今後は、販売ルートの確保による安定生産

が可能となれば、大いに将来性があるものと考えられる。

④土質改良材

開削による下水管きよの工事では、埋め戻しに発生土を使用するのが普通であるが、横浜の低地区のように軟弱地盤においては発生土が埋め戻しに適さず、やむを得ず山砂を使用する場が多い。一方、汚泥焼却灰には脱水工程の脱水補助剤として消石灰を用いる場合がある。この焼却灰と不良発生土を混ぜ、焼却灰中のカルシウムの作用により良好な埋め戻し土を製造する実験が進められている。製造施設は北部第二下水処理場であり、製造能力は五千二百トン／月で平成元年度から稼働している。これまでのところ良好な結果が得られており、今後は管きよの工事量と生産量の調整をとり、また道路管理者等関係者の理解を得ながら使用量の確保をはかっていく必要がある。

⑤園芸用人工培土（ハマソイル）

汚泥の脱水工程で脱水補助剤として高分子系の凝集剤を使用する場合がある。焼却灰は、石灰系の凝集剤とは異なり、アルカリ性が低いので園芸用の材料に適している。そこでこの焼却灰に造粒補助剤を混ぜ、直径二く六mmの球状にし、飽和硫酸アンモニウム溶液（硫酸）に漬け、水洗い後乾燥させたものである。植物栽培のた

めの培土は、衛生的で保水性、通気性を有する団粒構造のものが適しているといわれており、ハマソイルはこれらの条件を備えている。

これ以外にも実験段階ではあるが、さまざまな試みを行っている。いずれにしても安定した処分方策の確立が大切であり、今後は、ゴミ処分の使用期限を考えながら、一方で省資源、省エネルギーの観点にたった安定的な処分方法を目指し、処理・処分の方向を探っていく予定である。

五——豊かな水環境の創造（高度処理の

必要性および内容）

横浜市では、前述のとおり、日量約百五十万³mの処理水が河川や海等の公共用水域に放流されている。このように下水道が整備されるに従って、公共用水域の水質環境は以前に比較し改善されつつあるものの、未だ、河川、海域の環境基準を達成しない水域も残されている。特に閉鎖性水域である東京湾では毎年、春から夏にかけて大量の赤潮が発生し、富栄養化問題など今後解決しなければならぬ問題も残されている。また一方、物質的な豊かさが満たされた現在、人々は精神的な豊かさを求めており、やすらぎとうるおいのある親水空間へのニーズは高まり

つつある。このような背景のもとで、下水処理水をさらに高度なものとし、自然環境に還元したり水資源として利用することが、今後ますます重要となり、その質的な面への関心も高まるものと思われる。

前述のとおり下水処理は、通常、微生物の自浄作用を効率化した活性汚泥法により行われており、二次処理と呼ばれている。本市における平成元年度の平均処理水質は、表14のとおりで、水質汚濁防止法等に基づく排水基準を満足している。しかし、次のような場合二次処理以上の高度な処理の必要性が生じてくる。

①水質環境基準の達成・維持

公共用水域は、それぞれの水質環境に応じた水域ごとに環境基準が定められている。放流先の河川等の流水の大部分が、下水処理場からの放流水で占めている場合、放流水質が環境基準を越えていれば現状の二次処理では環境基準を達成、維持していくことが困難となり、高度処理が必要となる。

②閉鎖性水域の富栄養化防止

湖沼、東京湾等閉鎖性水域における富栄養化問題は、窒素、リンなどの栄養塩類の蓄積が主な原因と考えられている。現在の二次処理では、窒素、リンの除去は不十分であるため、富栄養化防止のためには、より高度な処理の必要性が

表一 4 下水処理場放流水の水質

項目 処理場	(平成元年度)					
	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	大腸菌群数 (個/ml)	全窒素 (mg/l)	全リン (mg/l)
北部第一	13	11	4	38	14	1.3
北部第二	7.5	8.5	2	10	14	1.2
神奈川	19	12	6	22	18	2.0
中部	9.3	9.3	4	31	14	1.3
南部	13	13	7	37	17	1.4
金沢	17	17	8	33	20	1.8
港北	8.6	9.6	4	10	17	1.2
緑	12	11	3	10	15	1.6
西部	6.2	10	3	170	13	2.0
栄第一	8.2	10	2	5	18	1.1
栄第二	14	12	4	17	16	2.0
基準値	20	20	50	3,000	—	—

③ 処理水の再利用
 生じている。
 多量に放流される処理水を、水資源としてさまざまな形で再利用することは、資源の有効利用の観点から、今後ますますさかんになるものと思われる。前述のとおり、下水処理場内で利用される水の九〇%以上は、再利用水でまかなわれている。また、修景用水、親水用水等の利用も進められていることから、今後、利用目的

に応じた高度処理の必要性は、さらに高まるものと思われる。
 このように、高度処理は利用目的により除去対象物質が異なり、表一5に示すように、多様な処理プロセスがある。処理プロセスには、物理化学的プロセスと生物学的プロセスがあり、単独もしくはこれらの組み合わせによる処理が行われている。
 本市における高度処理の計画としては二十一

表一 5 高度処理の目的・除去対象物質および除去プロセス

目的	除去対象物質	除去プロセス
環境基準 維持達成	有機物 (COD, BOD, SS)	急速濾過, マイクロストレーナー, 凝集沈澱, 珪藻土濾過, 限外濾過, スクリーン, 長毛濾過, 活性炭吸着, オゾン酸化, 接触酸化
富栄養化の防止	栄養塩類 (窒素, リン)	アンモニアストリッピング, 選択的イオン交換, 不連続点塩素処理, 生物学的硫化脱窒法, 生物学的脱窒脱リン法, 凝集剤添加, 硫化脱窒法, 凝集沈澱, 生物学的脱リン, 凝集剤添加活性汚泥法, 晶折脱リン, 吸着イオン交換
再利用	微量成分 (細菌, ウィルス 有機物, 塩類)	逆浸透法, 電気浸透, イオン交換, 滅菌, 消毒。(塩素ガス, 次亜塩素酸ナトリウム, オゾン, 紫外線)

世紀プランに示されているとおり、段階的な導入を図ることとしているが、とりあえずモデル事業として、緑区の江川および神奈川区の入江川せせらぎ回復計画への処理水の再利用を進めているところである。せせらぎ回復計画は、都市化の進展による環境の変化により水質が悪化したり、水源の枯渇が予想される都市内水路等に処理水を導水することにより、せせらぎを回復し市民生活をより快適にしようとするものである。

一方、閉鎖性水域の富栄養化問題に関しては、将来、窒素、リンの規制がなされることが十分予想されるため、その対応として実施設を利用した、窒素、リン除去のための高度処理実験を行っている。栄第一下水処理場では、生物学的脱リン法の実験が昭和六十二〜六十三年に行われ、良好な処理結果が得られている。また、西部下水処理場では、生物学的脱窒脱リン法の実験が現在行われている。

今後、さらに下水道が整備されるにしたいが、下水処理水の水循環システムの構成要素としての役割は、ますます重要性をもつものと思われる。

る。その結果、豊かな水環境を創造するためには、下水処理水の質的向上の要求はますます高まり、高度処理の必要性も増大するものと思われる。

六——むすび

技術的には、このように最大限の努力をし大きな効果を挙げてきているが、事業経営の観点から考えると、まだまだ見直しの余地は大いにあるものと考えている。また、これまで建設に最大限の勢力を注いできた中で市民サービスの観点から考えると、維持管理上一層の改善を進める必要性が見られ、執行体制の整備や法制度面からの見直しも必要である。

今後の横浜市における下水道整備の進め方については、二十一世紀プランに示されているとおりであるが、効率的、効果的な事業に努める中では、特に汚泥の資源利用をいかに事業ペースに乗せていくかが最大の課題であろう。これまでに技術的な課題についてはほぼ解決されていることから、今後はいかに長期的、かつ安定

的に処分できるかが解決すべき課題である。

下水処理の高度化については、これまでの公共用水域の「水質保全」という受け身のスタンスから、一步踏み込んで公共用水域の「水質改善」という観点から進める必要があるのではなからうか。現在の下水の高度処理についての課題は建設費、維持管理費の負担を誰がするかという点にあるが、それは「保全」という受け身の状態から、「改善」という攻めの姿勢に転ずることにより、自ら解決されるものではなからうか。

本文では主に下水道事業の技術的側面から述べてきたが、効率的、効果的な事業を進め、市民と密着した下水道行政を進める観点からは、経営的側面で大いに検討を進めなければならぬ課題も多く、今後とも一層の努力を払っていかなくてはならない。

△中村 下水道局管理部長／小林 同部次長兼施設管理課長／田口 同課／亀山 工場排水指導課長／岡田 同課指導係長／野口 水質管理課長／中村 同課南部水質調整係長