# 動物園汚水の処理と再利用

# Advanced Treatment and Recycling of Zoo Waste Water

環境装置事業部 技術部 東京G

船 川 和 夫 Kazuo Funakawa

Recycling of wast water has been attempted with success at the Hamamatsu City Zoo. An advanced treatment system was evaluated. Purified high quality effluent was re-used in animal pools, toilets, etc. Compost from excess sludge, dropping and refuse could be used as a fertilizer for flower parks and urban afforestation.

当社はこのたび静岡県浜松市における舘山寺総合公園動物園の汚水処理設備を完成した。本設備は処理水を園内で中水として再利用するとともに,発生する余剰汚泥も堆肥化し,本公園並びに都市緑化の有機肥料として再利用するといった動物園としては全国で初めての高度処理,再利用化を図ったもので,既に昭和58年4月より本運転に入っている。

ここにその概要を報告する。

#### 1. 動物園の概要

#### 1. 1 建設の経緯

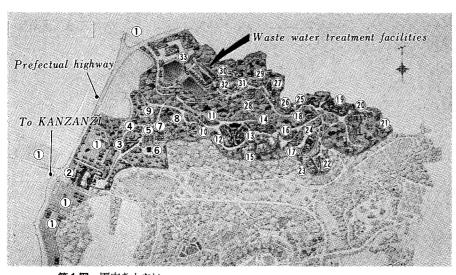
本動物園は以前浜松市中心部にあったものを移転し、新動物園として完成されたもので、浜松市の西北約14kmの観光地として有名な舘山寺温泉を見おろす三方原台地の西端に位置し、隣接するフラワーパークを加え都会地では味わえない憩いの場として浜名湖の景観とともに観光的にも格好の場となっている。

このため移転に際しては浜松市の新しい都市づくりの一環として、市民および県西部地域住民のための情操教育とレクリエーションの場として次の諸点に留意して建設されたものである。

- 1) 全体に森の中の動物園といったイメージを出す。
- 2) 自然の地形を利用し、動物が自然に生育している姿に近づける。
- 3) 社会教育の場とする。
- 4) 動物と植物の関係を重視し、できるだけ生育環境に近い造園的植栽修景を行なう。
- 5) 利用者の動線を十分考慮し、フラワーバークとの併 用を考える。
- 6) 観覧者に対する危険防止, また大震火災等の際, 猛 獣等の逃亡事故に対し, 十分考慮する。
- 7) 利用者に対し、疲労感を与えない様な雰囲気づくり に努める。
- 8) 汚水,汚物等の公害問題に十分考慮し,汚水の三次 処理を行ない,また貴重な水資源の活用を考え,中水 道による再利用を図る。

## 1. 2 施設の内容

動物展示方法は無柵放育式を可能な限り多く取り入れた もので、総面積12.3 ha の敷地内に哺乳類55種(204点)、鳥 類75種(331点)の計130種(535点)の収容動物が第1図 に示した配置に展示されている。主要施設を第1表に示 す。



第1図 園内あんない Fig. 1 Guide of Zoo



# 第 1 表 園内主要施設(動物園パンフレットによる)

Table 1 Main facilities of Zoo

Description	Contents	
Animal pen	28 pens 3,	225 m ²
Flying cage		800m²
Insect gallery	1st floor Exhibition room 2nd floor Lecture room	237 m <sup>2</sup>
Comfort station	5 stations	
Stand	3 stands	_
Resting place	6 place	560 m <sup>2</sup>
Rest house	1 house	61 m <sup>2</sup>
Animal hospital	Reinforced concrete	226m²
Control office	Reinforced concrete	575 m ²
Parking zone	6 place (Inclusive of Flower Park's)	1, 451 cars
Waste water treatment facilities	Extended Flow Aeration system	800 m³/Day

## 1. 3 利用状況

開園以降の月別入園者数を第2表に示す。新動物園として開園して間もないこともあり、当初設定基準に比べて非常に多くなっている。又一週間の入園者数を昨年同時期の旧動物園と比較すると、第3表に示したように旧動物園の約5倍の入園者数となっている。

# 2. 汚水処理施設の概要

# 2. 1 設計主旨

# 1) 周囲環境への適合

設備は観光地内の動物園という立地条件を考慮して,全て建屋内に設置されており,建屋の外観も爽やかなイメージになるように設計されている。(写真1)

又臭気, 騒音防止に対しても十分考慮がなされたものに なっている。

第2表 月別入園者数(動物園側提供資料による)

Table	2	Monthly	visitors	number

visitors	Maximum	Minimum	Average	Total
Basis	persons/day		persons/day 2,836	
April	77, 101	persons/day 85	8,970	persons 260, 116
May	42, 466	616	8, 366	259, 339
June	10,878	115	2,468	49, 364
Total term	77, 101	# 85	7,110	568, 819

\*Findings from 2 Apr~20 Jun, 1983.

#### 第3表 一週間の入園者状況(新,旧動物園の比較) (動物園側提供資料による)

Table 3 Weekly visitors number in comparison with old-Zoo

			New-Zo	00		Old-Zo	o
Da	ate	Day of the week Weather		Visitors number	Day of the week	Weather	Visitors number
5	Apr	Tues	fine	persons/day 4,631	Mon	_	
6	11	Wed	"	5,656	Tues	cloudy	persons/day 757
7	11	Thur	cloudy	3, 091	Wed	"	321
8	11	Fri	rainy and cloudy	1,470	Thur	occasional rainy	323
9	11	Sat	cloudy	5, 715	Fri	cloudy and rainy	162
10	11	Sun	rainy	5, 955	Sat	cloudy	99
11	"	Mon	cloudy after rainy	2. 073	Sun	fine	3. 868
12	11	Tues	_		Mon	"	386
T	otal			persons 28, 591			persons 5, 916 persons/da
Av	verage			persons/day 4, 084		perso	

# 2) 処理の高度化

処理水を再利用するとともに,最終放流先である浜名湖 の水質保全を最優先させるため,動物園の汚水処理として

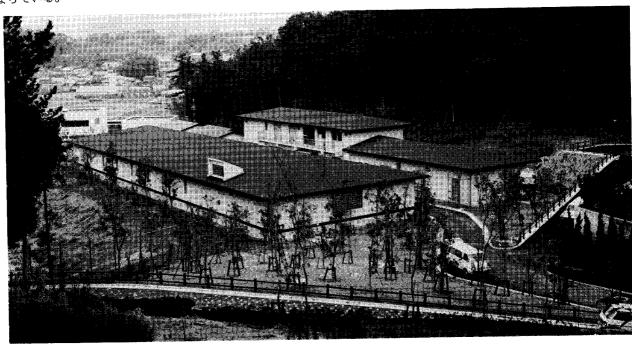
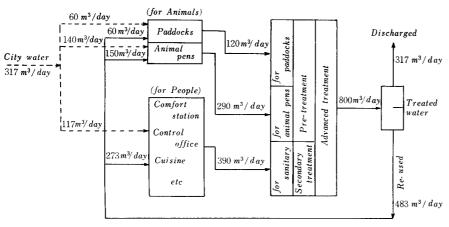


写真 1 汚水処理施設全景 Photo.1 Panorama of waste water treatment facilities



第2図 園内給排水計画系統フロー

Fig. 2 Design flow of water supply and discharge in Zoo

は脱窒、脱燐を含む極めて高度な処理を行なう設備として設計されている。

#### 3) 再利用化

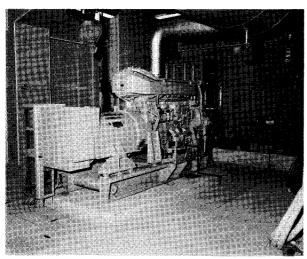
処理場より発生する余剰汚泥,スクリーンかすは園内動物のボロ糞,敷ワラとともに堆肥化し,本公園並びに都市緑化の有機肥料として再利用される。

処理水は第2図に示すように園内にて獣舎洗浄水, プール補給水, パドック散水, 便所水洗水等に再利用され, 上水使用量の節減を図るとともに, 放流水量を減じることにより放流先である浜名湖への汚濁負荷量を低減するように設計されている。

## 4) 処理方式

建築基準法の定めにより、生活系汚水は単独で処理し、その二次処理水を獣舎系、パドック系汚水と合流し脱窒、脱燐を含む高度処理を行なう。又降雨時パドックよりの初期雨水は汚濁度が高いため処理施設に受け入れるように設計されている。

# 5) 異常時対策(写真2)



写 真 2 発電機設備 Photo.2 Generator

受電々源が停電した場合は動物 園および汚水処理場の機能に支障 をきたさないように主要機器の稼 動に必要な電力を確保するため に,発電機設備が設置されてい る。主要機器の故障に対しては予 備機を設置することにより安全性 を確保している。

# 6) 負荷変動対策

動物園汚水は水量,水質の変動 が大きく特に低負荷になりやすい ため,生物処理設備(生活系二次 処理および脱窒設備)は2系列設 置とし,低負荷時は1系列にて運 転できるように設計されている。

# 7) 管理体制(写真3)

処理施設を小人数で管理できるように汚水処理場の機器は管理室内の中央制御盤にて全て操作で

き,各種データも管理室にて記録されるように設計されている。施設の運転管理は昼間2名常駐にて行ない,夜間に 異常が発生した場合には電話回線を用いた遠隔監視システムにより直ちに管理者に通報され,対応可能な体制としている。

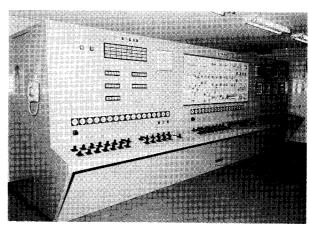


写真 3 管理室動力制御盤 Photo.3 Control panel

#### 2. 2 設計基準値

設計基準値を述べるに際して,処理施設の配置を**第3**,4 および **5** 図に,処理フローを**第6** 図に示す。

- 1) 処理量
  - a) 生活系汚水

最大 390 m³/d

(便所, 管理棟, 調理棟等)

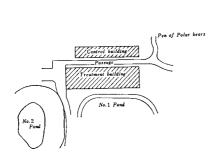
- b) 獣舎系汚水 最大 290 m³/d (獣舎洗浄水,プール放流水等)
- c) パドック系汚水 (パドック散水等)

最大 120 m³/d

合計

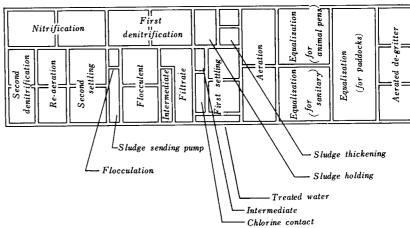
降雨時初期雨水最大 200 m³/d 通常時最大 800 m³/d

降雨時最大 1,000 m3/d



第3図 処理場建屋配置(管理地区内) Fig. 3 Arangement of waste water treatment buildings

(from basement to 2nd floor in part)



第5図 処理棟内水槽配置(半地下水槽,一部全地下,建築面積 863m²)

Fig. 5 Each basin layout (in treatment building)
(Semibasement, basement in part. Building area 863m²)

Compost room

Dehydrator room

Deodorization room
(1st floor)

Compost room

Compost room

Incoming panel Generator room
room

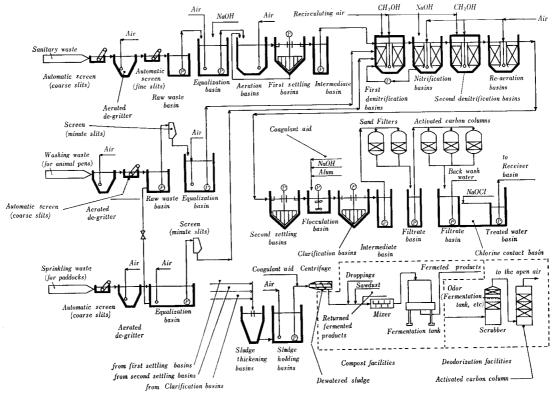
第4図 管理棟内配置(地下1階, 地上2階, 建築面積381 m², 延床面積595 m²)

Fig. 4 Floor plan of control building (with 2 stories above and 1 under the ground Building area 381m<sup>2</sup>, Floor space 595 m<sup>2</sup>)

### 第 4 表 原水設計基準水質

Table 4 The quality of raw waste water (design basis)

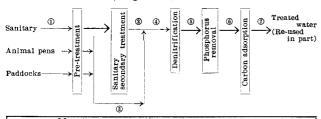
Item	Sanitary	Animal pens paddocks
pН	6 ~ 8	6 ~ 8
S S (mg/ <i>l</i> )	200	244
CODmn (")	100	
BOD <sub>5</sub> (#)	200	97. 6
Nitrogen, total ( // )	65 ~ 80	62
PO48- (1/1)	20	8. 6



第6図 フローシート Fig. 6 Flow sheet

#### 第5表 各処理工程における計画水質

**Table 5** The quality of waste water for each treatment facilities (design basis)



No.	1	2	3	4	(5)	<b>6</b>	7
SS (mg/ $\ell$ )	200	50	75	65	30~40	<20	< 5
BOD <sub>5</sub> (#)			97. 6	54	20	10	< 5
Nitrogen, (//) total (as N)	65~80	<25	62	37	<10	<10	<10
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (//)	20	< 5	8. 6	5.8	5	< 1	< 1

### 2) 原水水質

第4表に示す。獣舎・パドック系の水質は将来動物頭 数が増えた場合を考慮して、動物個体別汚濁負荷量より 算出した。

### 3) 処理水水質

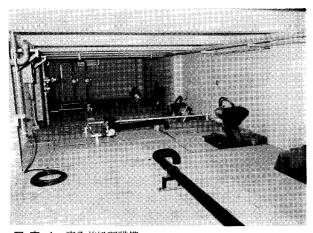
pН	6 <b>∼</b> 8
SS	5 mg/ℓ以下
$COD_{Mn}$	5 //
$\mathrm{BOD}_{5}$	5 //
T-N	10 //
PO4 <sup>3-</sup>	1 //
n-ヘキサン抽出物質	5 //
色度	35度以下
大腸菌群数	3,000個/cc以下

### 2. 3 主要処理プロセス

第5表に各処理工程における計画水質を,第6表に主要設備諸元を示す。

### 1) 流入前処理設備(写真4)

生活, 獣舎, パドックの3系統の汚水を個別に受け入れ, それぞれスクリーンにて除渣しばっ気沈砂池にて砂等の除去を行なう。獣舎, パドック系汚水についてはさらに 微細目スクリーンにより微細な夾雑物(動物の毛, 食べか



写 真 4 流入前処理設備 Photo.4 Pre-treatment facilities

第 6 表 主要設備諸元 Table 6 Main equipments

Table o Main equipments				
Description	Demensions			
Equalization basin (for sanitary)	w7. 0m× <sup>L</sup> 7. 6m× <sup>H</sup> 4. 5m× 1 basin			
(for animal pens)	7. 0m× 7. 6m× 5. 0m× #			
(for paddocks)	6. 0m×15. 5m× 2. 6m× //			
Aeration basins	4. 5m× 7. 6m× 4. 5m× 2 basins			
First settling basins	4. 3m× 4. 3m× 4. 0m× #			
First denitrification basins	5. 0m× 5. 6m× 5. 0m× #			
Nitrification basins	5. 0m× 6. 5m× 5. 0m× #			
Second denitrifica- tion basins	3.7m× 5.0m× 5.0m× #			
Re-aeration basins	4. 0m× 5. 0m× 5. 0m× #			
Second settling basins	5. 0m× 5. 0m× 4. 0m× 1/2			
Clarification basins	5. 0m× 5. 0m× 3. 5m× #			
Sand filters	φ2. 25m× <sup>TH</sup> 2. 77m × 2 units			
Carbon columns	2. 4 m × 4. 77 m × 3 columns			
Centrifuge	Capacity 2~3 m³/hr × 1 unit			
Fermentation tank	φ4. 0m× <sup>TH</sup> 7. 5m × 1 tank			

す等)を除去する。スクリーンかすは堆肥装置へ投入, 堆 肥化する。

パドックへの初期雨水はバドック系調整槽へ一時貯留したのち,第一脱窒槽へ時間をかけて定量移送することにより急激な水量負荷変動による悪影響を防止している。

#### 2) 生活系二次処理設備

長時間ばっ気方式の活性汚泥処理により主にBODの除去を行なう。又生活系汚水の流入負荷は入園者数により大きく変動するため設備を2系列分割設置とし、特に低負荷流入が継続する場合は、低負荷による汚泥の沈降性悪化等の処理に対する弊害を防止するため1系列運転とする。

#### 3) 脱窒設備

負荷変動に対して有効な生物固着方式の硝化・脱窒処理により窒素の除去を行なう。脱窒にはメタノール使用量の少ない硝化液循環方式を用い、第一脱窒槽で獣舎、パドック系汚水中のBODを利用して脱窒したのち、残存する窒素を第二脱窒槽でメタノールを添加して脱窒、除去する。接触酸化槽では硝化にともなってpHが低下するため苛性ソーダにて中和を行なう。脱窒槽は密閉されており、脱窒プロアにて槽内空気を循環し、撹拌している。

設備は2系列分割設置とし、特に低負荷となった場合は1系列運転として低負荷による固着汚泥のはく離、流出を防ぐ。

#### 4) 脱燐設備

脱窒設備より流出するSSを除去し、後段の沪過設備の 負荷を軽減することも考慮して凝集沈殿により燐を除去す る。脱燐凝集剤としては管理が容易でより経済的である硫 酸バンドを用い、中和のために苛性ソーダ、フロック生長 のために高分子凝集剤を添加する。

#### 5) 活性炭吸着設備

砂沪過によりSSを除去したのち、活性炭により残存す

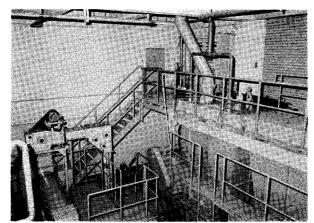


写真 5 堆肥化設備 (投入装置)
Photo.5 Compost facilities (carrier)

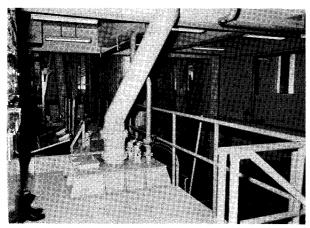


写真 6 堆肥化設備(発酵槽) Photo.6 Compost facilities (fermentation tank)

る COD, 色度等を最終的に除去する。 吸着塔 は 2 塔直列, 1 塔予備のメリーゴーランド方式としており,活性炭を 100%有効に使うとともに交換時にも処理に支障なく運転される。

#### b) 堆肥化設備(写真5,6)

余剰汚泥は脱水され、スクリーンかすおよび園内動物のボロ糞、敷ワラとともに堆肥化する。設備はランニングコストが安価で効率の良い好気性連続発酵式とし、水分調整、C/N調整のためオガクズを加える。本設備は一次発酵まで行なうもので、搬出された製品はフラワーパークで二次発酵されたのち有機肥料として再利用する。

## 7) 脱臭設備(写真7,8)

汚泥脱水設備, 堆肥化設備より発生する 臭気を 除去する。設備は水洗塔+乾式吸着塔よりなり, アンモニア, メチルメルカプタン, トリメチルアミン等を除去し, 脱臭する。

## 3. 運転結果

#### 3. 1 汚水処理

昭和57年12月,新動物園への動物移転とともに獣舎,パドック系汚水の処理を開始,昭和58年4月2日の開園以後,生活系汚水も含めた定常運転に入った。代表的な原水水質を第7表に、開園後5ヶ月間の処理水量を第7図に示した。

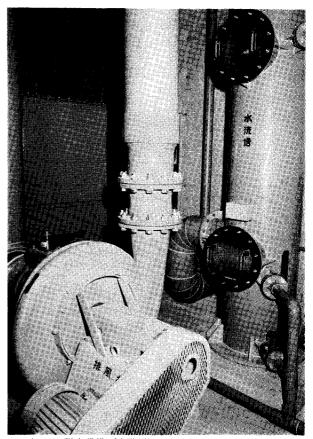


写真 7 脱臭設備(水洗塔) Photo.7 Deodorization facilities (scrubber)

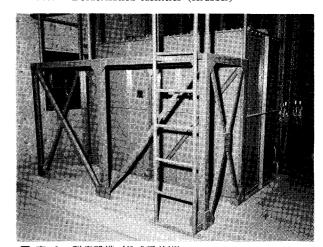


写真 8 脱臭設備 (乾式吸着塔)
Photo.8 Deodorization facilities(carbon adsorption)

獣舎系原水の計画水質は将来動物頭数が増えた場合も考慮したもので、現状水質はまだ汚濁度が低いが、生活系原水は計画水質に近く、特に窒素は計画値を越えており汚濁度は高い。これは動物園の入園者数が計画値に比べて非常に多く、園内便所の利用率が高かったためである。処理水量は第7図に示したように変動が大きく、当初考えていたよりは多めとなっている。

これに対して処理水水質は**第8表**に示したように計画水質を十分満足するものになっている。

#### 3. 2 堆肥化処理

昭和58年2月より発酵槽に種菌12 m³を投入し、スクリ

#### 第7表 原水水質分析結果

Table 7 Analyses of raw waste water

Source	Animal pens	Sanitary
Item	16 Feb	4 April
pН	8. 0	7. 9
SS (mg/ $\ell$ )	87. 0	210
CODmn(//)	56. 0	96. 3
BOD <sub>5</sub> (1/1)	80. 0	194
Nitrogen, ( // ) Kjeldahl	22. 9	114
PO43- (1)	2. 9	18. 0

第8表 処理水水質分析結果

Table 8 Analyses of treated water

Item	13 Apr	14 <b>A</b> pr		24 May		21 Jun	12 Jul	20 Jul	4 Aug	16 Aug
рН	7. 4	7. 3	7. 3		7. 2	_	7. 6	_	7. 4	_
$SS \qquad (mg/\ell)$	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
CODmn(//)	< 1	1.5	2. 0	3. 4	2. 2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
BOD <sub>5</sub> (#)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Oil (1/1)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Nitrogen, ( // ) Kjeldahl	<u></u>	<u>0. 1</u>	0. 30	0. 29	0. 16	<u></u>	< 0.1	<u></u>	0. 12	<u>0.1</u>
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ( // )	0. 1	<u>0. 1</u>	0. 1	0. 1	0. 11	0. <b>1</b>	< 0. 1	<u>0. 1</u>	0.1	0. 1
Color (units)	,	•			`			1	1	-
Coliform group count (count/ml)	<30	<30	<30		<30	_	<30		<30	

ーンかす、ボロ葉、敷ワラの堆肥化を開始、5月より脱水 汚泥も投入を始め定常運転に入った。第1回めの一次発酵 製品の搬出を4月5日に行ない、以後1回/週の頻度で製 品を搬出している。搬出された一次発酵製品はフラワーパ ークにて二次発酵処理を受けたのち有機肥料として再利用 されている。8月度における堆肥化設備の運転状況を第9 表に示す。

# 3. 3 中水の再利用

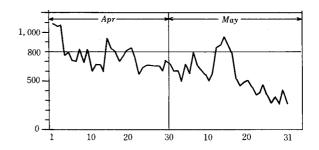
第8図に中水の利用状況を示す。再利用率は80%以上に達しており、上水使用量節減に大きく寄与している。

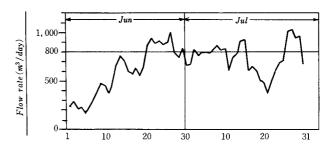
又中水利用による上水経費の節減は**第10表**に示したように、年約844万円に達しており、経済的にも貢献度は大きい。

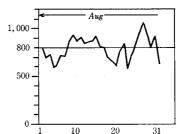
#### 4. ま と め

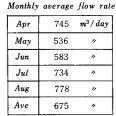
動物園の汚水処理を行なうに際し、最も留意すべきは水 量変動である。水量変動を与える大きな要因は次の3種の 流入水にある。

- 1) 入園者にかかる生活系汚水。
- 2) 降雨時のパドックへの初期雨水。
- 3) 池の清掃, 水替時の放流水。
- 1), 2)については園内管理にて対応できる性質のものではないので処理施設にて 100%変動を吸収できるようにする必要があるが、3)については動物園側の管理体制を汚水処理を考慮したものにすることによりその変動を軽減することができる。









第7図 処理水量の日変動

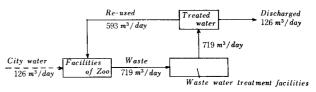
Fig. 7 Daily treated water rate

#### 第 9 表 堆肥化装置運転状況

Table 9 Operating data of compost facilities

Raw materials o	Mixed materials	Fermented	products	
Naw materials (	quantity	Moisture content	Moisture content	Yield
Dewatered	m³/month			
sludge	1. 85			
Droppings and spreded straw	23. 65			
Screen refuse	0. 6	Average 57%	Average 40%	41 m³/month
Sawdust	30		,	,
Total	56. 1			

<sup>\*</sup>Operating data (1-31 Aug, 1983.)



※Average flow(10—16April, 1983.)

第8図 中水の利用状況

Fig. 8 Re-use of treated water

本施設の設計に際しては、本施設が処理水を園内で再利用するということも含めて単なる汚水処理施設という域を 越えたものであり、動物園全体の運営管理に関与する重要 施設であることを動物園側に十分認識してもらったうえ、 下記の協力体制を得ている。

- 1) 大きな池(アシカ池,白 クマ池等)の放流時は一度 に放流せず,少量づつ時間 をかけて放流するか,何回 かに分けて放流する。
- 2) 入園者が多く,生活系汚水の流入量の多い日(日曜日,祭日等),降雨による雨水流入量の多い日は池の水の放流を避ける。

これにより施設はよりコンパ クトな形で完成することができ た。

## 又運転面では,

池の水を放流する日程を あらかじめ処理場運転管理 者に連絡し、了承を得て行 なう。

ことにより、処理のより一層の安定化を確保している。 以上のように動物園汚水の処理を検討する際には、動物 園内の管理体制を含めた水量変動対策を考慮することが施 設のコンパクト化、処理の安定化に不可欠なものとなろう。

第 10 表 中水利用による経費の節減

Table 10 Comparison of operating cost

		① Used only city water	② Used city water and re-utilized water
City water (un	it cost)	135 Y	en/m³
Re-used (unit cost)		69 Yen/m³ + 27 Y (with electricity) + (with	Yen/m³ = 96 Yen/m³
	City water	719 m³/day	126 m³/day
Used quantity	Re-used		593 //
	Total	719 //	719 //
	City water	719 m³/day×135 Yen/m³ =97, 065Yen/day	126 m³/day×135 Yen/m³ =17, 010 Yen/day
Cost per day	Re-used		593 m³/day×96 Yen/m³ =56, 928 Yen/day
	Total	97, 065 Yen/day	73, 938 Yen/day
Curtailed expendiures (1-2)			Yen/day 5Yen/year

<sup>\*</sup>Operating cost (1-30 Jun, 1983.)

# 5. む す び

以上舘山寺総合公園動物園の汚水処理と再利用について 概要を述べたが、今後動物園汚水の処理を検討される諸兄 の参考になれば幸いである。

おわりに本設備の建設、運転に際し、多くの助言や協力 をいただいた浜松市役所の関係諸氏に深く感謝の意を表す る次第である。

<sup>\*</sup>Unit cost with electricity is based on 18.83Yen/KWH