

札 幌 市 尿 尿 處 理 場 に つ い て

正 員	札幌市建設部土木課	柳 内 泰 夫
正 員	同	岡 田 光 夫
准 員	同	磯 田 馨

1. ま え が き

我が国では尿尿を肥料として利用しており、都市においても主としてこの方法により、尿尿の処分を行ってきた。しかし最近では都市人口の膨脹と化学肥料の利用増加のため都市における発生尿尿は近郊農村の需要を上廻り、その結果余剰尿尿を生じ、全国都市ともその処分に苦心している。厚生省でもこの問題を重視し、その対策として嫌気性菌醗酵による尿尿の消化処理を奨励し同施設の建設に対しては優先的に国庫補助を交付することになった。

札幌市でもこれを機会に尿尿消化処理場を建設することとし、その準備に着手したが尿尿の消化処理はその例が少なく、寒冷地においては我が国最初のものであり、特に下水処理場を持たない本市としては、消化を促進させるために混入する下水汚泥が得られない等幾多の困難な問題があり、消化処理方式その他について種々検討を加えた結果、つとに尿尿の単独消化を称えておられた国立公衆衛生院工学部長洞沢勇博士に設計の一切を依頼した。

昭和 28 年その成案を得ると共に 10,000,000 円の国庫補助を受け着工の運びとなった。

本文は昭和 28 年度より 3 ケ年継続事業で、予算 113,600,000 円をもつて建設中の札幌市尿尿消化処理場の計画について紹介するものである。

2. 尿尿処理の現状

札幌市の下水道には、まだ終末処理場が設置されておらず、従つて尿尿を下水道に放流処分しているのは浄化設備を有する少数の建築物だけで、その他の大部分の建築物より発生する尿尿は、馬車、トラック、ポンプトラック等で市内外 11 ケ所に設けた総容量 22,500 石の尿尿貯溜槽に運搬貯溜し、需要に応じて近郊農家に肥料として売却し処分している。

昭和 20 年以後市人口は急激な膨脹をつづけそれと共に汲取尿尿も激増しており、これに対して近郊農村では最近化学肥料の利用が増加したため、尿尿の肥料として

の需要量は減少の傾向にある。この結果、汲取量と売却量の差、即ち余剰尿尿量は年々増加しており、昭和 28 年度の実績では年間汲取量 563,000 石に対して農家への売却量は僅か 187,000 石、33% に過ぎず、残余の 376,000 石即ち 67% の尿尿は、地下浸透、河川放流等の不衛生処分により処理されている実状である。

3. 尿尿消化処理場建設計画

(1) 敷地の選定

処理場では脱離液浄化のため 1 日約 700 t の稀釈水を必要とし、更に処理液を処分する都合上敷地は河川に隣接していることが望ましい。また尿尿輸送のため交通に便であることも要求される。これら条件をみたす敷地として、種々選択の結果、市の北端に当る北 28 条東 1 丁目、即ち 2 級国道札幌一宮筋線と創成川にはさまれた南北約 150 m、東西約 140 m、面積約 23,000 m² の農地を敷地として決定した。

(2) 処理方式並びに能力

処理方式は尿尿単独消化とし、形式は 2 段式としたが必要により 1 段式即ち並列運転も出来得るものとし、処理能力は対照人口 90,900 人、処理量 1 日 500 石とする。

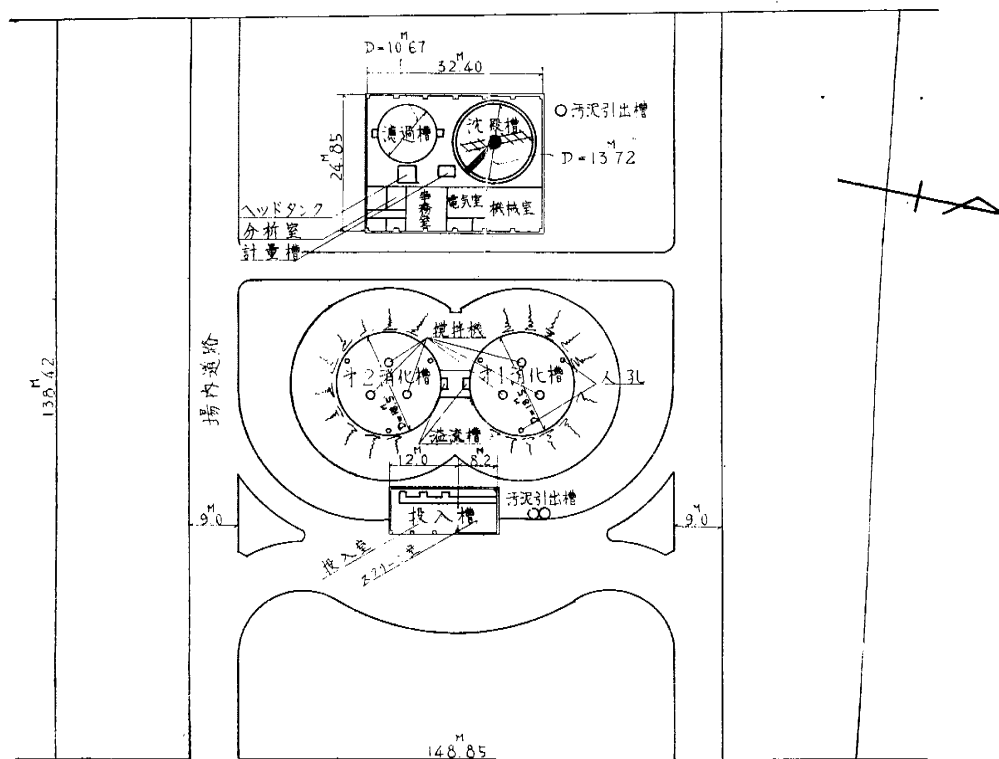
(3) 処理発生物処分法

処理液は創成川に放流することとし、汚泥の処分は冬季間の積雪、日照、気温等を考慮の結果乾燥床を全廃し生汚泥のまま搬出処分する。篩渣は汚泥と同様そのまま運搬投棄するものとした。発生ガスは消化槽より直接ボイラーに導き、加熱燃料として使用する。

(4) 保温及び美観、濾過槽及び沈澱槽は一般には屋外に放置されているが、本市においては冬季の気温が非常に低く、また敷地が風致地区内にあり、隣接地に近い将来市街地化される見透しであるので、これらの観点より上記施設を屋内に設け更に暖房をも行う。また投入槽にも上屋を設け、槽内の美化並びに臭気発散防止を計る。

(5) 設備概要

上記の基本条件のもとに、表一 I の通り各種処理設備を決定した。(表一 I) (図一 I)



圖—1 平 面 圖

工 種	名 稱	数 量	摘 要
投 入 槽 工 事	投 ス 入 リ 槽 シ	1 槽 2 臺	容 量 22.5 m ³
消 化 槽 工 事	第 一 消 化 槽 第 二 消 化 槽 攪 拌 機	1 槽 1 槽 6 臺	容 量 2,135 m ³ 1,952 m ³
濾 過 槽 工 事	濾 汚 過 撒 槽 水 布 機	1 槽 1 臺	内 徑 10.67 m
沈 澱 槽 工 事	沈 汚 澱 槽 泥 掻 寄 機	1 槽 1 臺	内 徑 13.72 m

計 画 設 備	計 量 槽 ヘ ッ ド タ ン ク デ ス ト リ ビ ュ ー タ ー 計 器	1 槽 1 槽 1 臺 20 箇	容 量 9 m ³ 流量計, ガスメーター他
汚 泥 引 出 槽 工 事		3 槽	容 量 3 m ³
加 熱 設 備	ボ イ ラ ー 熱 交 換 器 突	1 基 2 基 1 基	5-15 セ ク シ ョ ナ ル ボ イ ラ ー 径 1.4 m 長 さ 4.27 m 径 460 mm 高 さ 20 m
ポ ン プ 設 備		12 臺	各種ポンプ
配 管 暖 房 設 備	配 ラ ズ エ タ ー 管	1,630 m 216 枚	鑄鐵管及びガス管 ギルト及びラズエター
電 氣 設 備	動 電 灯, コ ン セ ン ト 力	78 HP 80 箇	
建 築 工 事	浄 化 室 上 屋 投 入 槽 上 屋	859 m ² 177 m ²	鐵骨ラスモルタル塗 鐵骨

(6) 工期及び事業費

本工事は3ヶ年継続事業とし、予算113,600,000円をもつて昭和28年11月着工したもので、昭和29年度中に主体工事を完了し、昭和30年融雪と同時に附帯工事をを行い同年夏に運転開始の予定である。

4. 処理過程

尿尿を嫌気性菌と混合し、気密槽に入れ、pHと温度を適当に保持すると、嫌気性菌は尿尿中に含まれている有機物質中の酸素原子を養元としてその有機物質中の水素物質を遊離せしめる。遊離した水素は有機物質中に含まれる硫黄、炭素等と結合して、アンモニア、硫化水素、メタン、インドール、スカトール等いわゆる腐敗ガスを形成する。尿尿はこの有機物の還元分解作用の結果、大量の上澄液(脱離液)と無機安定化した消化残渣(消化汚泥)とに分離する。この發酵進行中に発生するアンモニア、フェノール等の殺菌性物質により、尿尿中に生存している病原菌は殺菌され寄生虫及び寄生虫卵は絶滅される。この原理を利用して尿尿の消化処理を行わんとするもので、その処理過程は次の通りである。(図-2, 3)

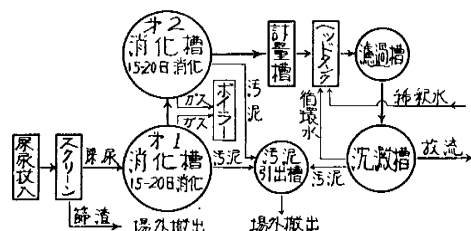


圖-2 直列使用法

即ち運搬して来た汲取尿尿は投入槽に投入し投入量が一定量に達したならば、尿尿中の夾雑物の除去を行った後ポンプにより消化槽に圧送する。消化槽に送った尿尿

は第1槽及び第2槽において30日～35日間30°C～35°Cの温度でpH7～8に保持し、嫌気性菌發酵を行わせしめる。この結果尿尿はメタンを主体とするガスを発生すると共に、脱離液と汚泥とに分離し、原尿尿中の病原菌の90%が死滅しB.O.Dは生尿尿の1/9即ち1,000ppm程度に低下する。この間スカムの結成防止と新旧尿尿混合のため毎日一定時間尿尿の攪拌を行う。発生ガスは直ちにバーナーに送り、分離した汚泥は汚泥引出槽に抽出し、場外に搬出処分する。脱離液は更に高級処理のため計量槽を経てヘッドタンクに流下し、ここで河水及び循環水で15倍に稀釈した後、ドーズイングサイフォンにより高速濾床に間歇撒布し好気性菌の作用により浄化を行う。この結果病原菌は更に70%死滅しB.O.Dは15～20ppmに低下する。高速濾床を通過した処理液は沈澱槽に流下せしめると共に浄化の程度により、その一部を循環水としてヘッドタンクにポンプアップし、残余の沈澱を終えた処理液は河川に放流する。

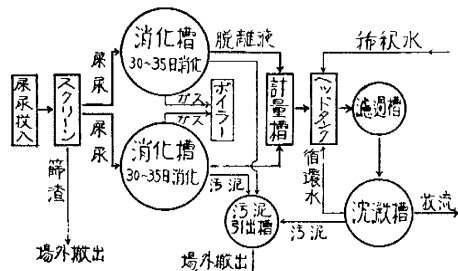


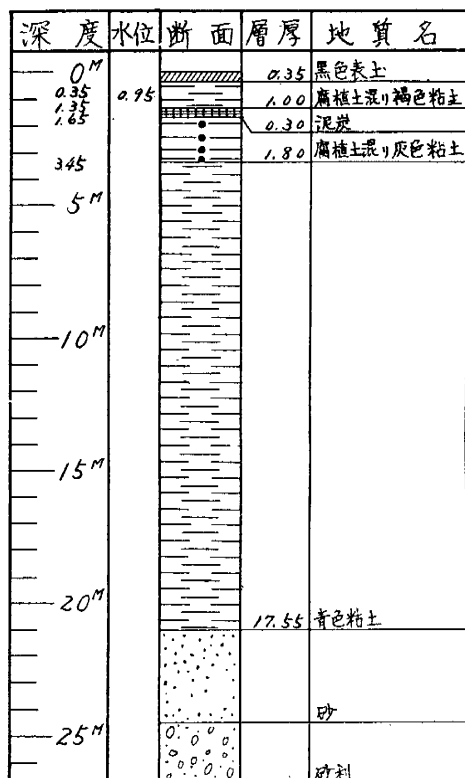
圖-3 並列使用法

本処理場における放流河川の流量は3.6m³/secであるので、処理液放流後のB.O.Dの上昇は0.3ppmに止り、同河川固有のB.O.D9ppmと合せて9.3ppmとなる。

5. 設 計

(1) 基礎工事

基礎地盤は地下水位が高く、表面地耐力は 3 t/m^2 位より期待出来ないので設計に先だち試錐を打った。(図—4)



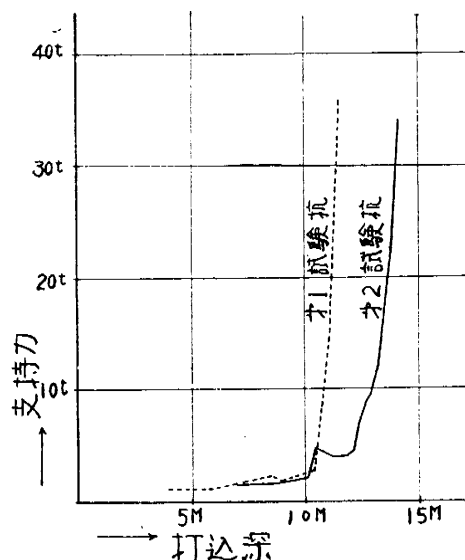
圖—4 柱 状 圖

それにより深度 3.5m までは泥炭及び腐蝕粘土層、深度 21 m までは青粘土層で、それ以下に砂層及び砂利層のあることを確認した。この結果基礎には松の摩擦杭を使用することに決めた。

試験杭打による深度と支持力の関係をサンダー公式により計算したものは 図—5 の通りである。依つて基礎杭には末口 18 cm 長さ 13.5 m の 2 本継ぎ松杭を使用し、その支持力を 1 本当り 20 t とした。(図—5)

(2) コンクリート配合

使用コンクリートは大別して普通構造用コンクリートと槽体用コンクリートに分けられる。槽体用コンクリートは内容物が屎尿であるので、漏水及び酸化に対して強い抵抗性が要求されており、特に消化槽では屎尿が常時 $30^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ に保温されているので腐蝕に対して一層危険な状態にある。このため槽体用コンクリートは使用水量を極力少なくし、薄い部材では $W/C=50\%$ 、厚い部材(消化槽壁体及び底)では $W/C=45\%$ とした。



圖—5 杭 支持力 圖

また施工上適当なコンクリートの流動性を薄い部材ではスランプ 12、厚い部材ではスランプ 7 とした。これにより使用セメント量及び粗細骨材比を決定した結果、 $S=365 \text{ kg/m}^3$ $G/S=1.7$ となつた。

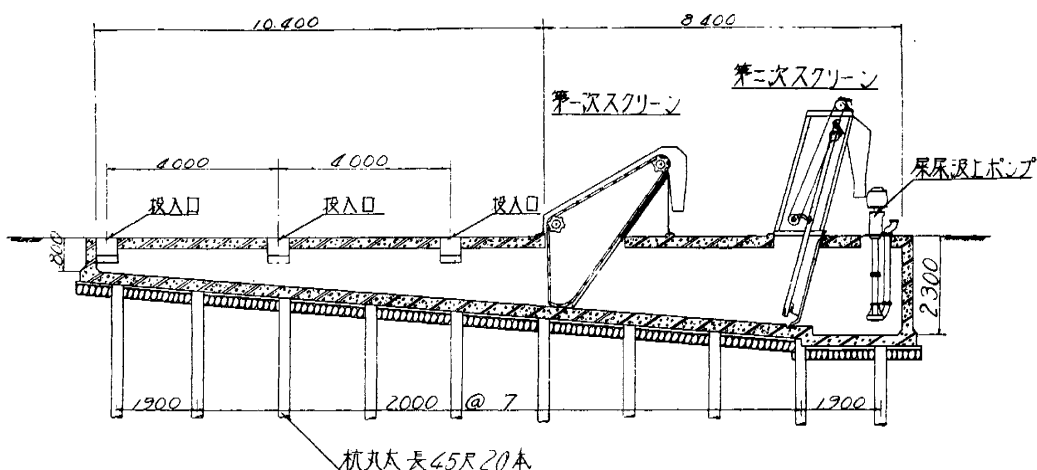
(3) 投 入 槽

1 日投入量は 500 石 (90 m^3) であり、これを 4 回に分けて投入するものとし、投入槽容量を 22.5 m^3 に決定した。投入はトラックより行うので設計荷重は第 1 種トラック後輪荷重を採用した。槽長はスクリーン部も含め 18.8 m、巾は 1 m とし屎尿を完全に排出するため底に 8% の勾配を附し、深さは 0.55~2.05 m とした。構造は鉄筋コンクリートボックスラーメンとし、各部材厚は 25 cm である。基礎は 2.0 m 間隔に 2 列合計 20 本の杭打をし、その上に 30 cm 厚の玉石張を行う。投入口は 50 cm 角とし、4 m 間隔に 3 ケ所設け上蓋を附してある。

屎尿中に含まれている粗大な爽雑物はポンプその他の故障の原因となるので、この除去のため 2 基のスクリーンを設けた。1 次スクリーンはチェーン式自動掻上機を有する 50 mm バースクリーンとし、2 次スクリーンは 25 mm ドルコバースクリーンとした。動力は共に 3 HP である。スクリーンにより除去された篩渣を屋外に搬出しトラックに積込むため 0.5 t 1/2 HP の全電動走行ホイストを設置した。(図—6)

(4) 消 化 槽

消化日数は 30 日~35 日であり、従つて両消化槽の合計所要実容量は $3,150 \text{ m}^3$ となる。この他沈澱汚泥により占められる容量を 5 日分即ち 450 m^3 とし、操作上必要とする余裕容量を 300 m^3 にとると合計所要容量は



圖—6 投 入 槽

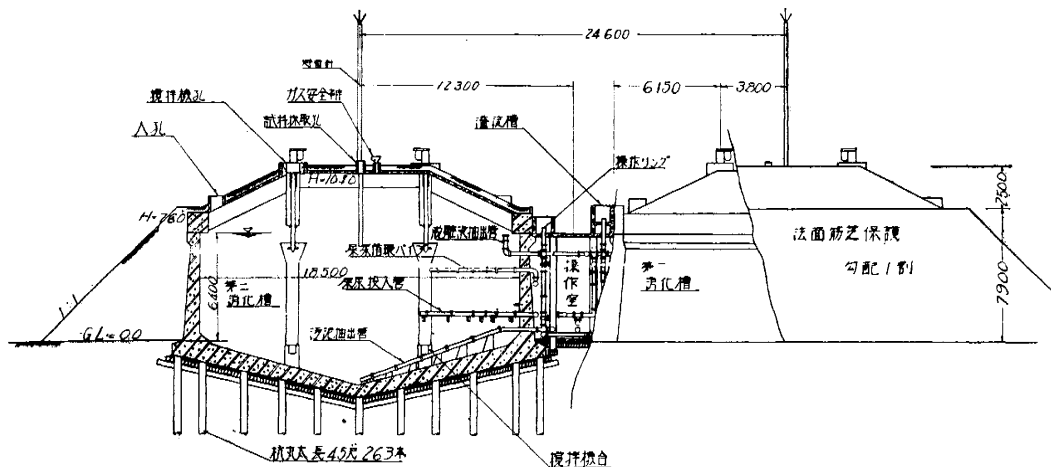
3,900 m³ となる。依つて1槽の最低容量を 1,950 m³ とした。大きさは両槽同形とし内径 18.5 m, 側壁高 7.60 m とし、底は汚泥排出のため 1:4 の勾配を附した。消化槽を直列に使用する場合には、両槽の尿尿面間に 68 cm の高低差を必要とする。このため第1槽の最高水位を 7.08 m, 第2槽の最高水位を 6.40 m とした。その結果有効容量は第1槽 2,135 m³, 第2槽 1,952 m³ となつた。槽内尿尿温度は常時 30°C~35°C に保持しなければならなく、躯体コンクリートを露出させたままでは熱損失が大きいので、上面 30 cm 側面 45° の覆土を行う事とした。設計荷重は垂直荷重として雪荷重 300 kg/m², 覆土荷重 540 kg/m², 水平荷重として土圧を仮かした外に覆土前に行う漏水試験のため内圧も考慮した。

構造は第2槽の最高水位即ち 6.40 m の線においてアスファルト材で上部と下部に完全に分離し、上部即ち天

井は、交叉する6本の2ヒンジドローフレームとし、その水平推力は各支点を結ぶ円形梁により支持せしめ、下部は外部より土圧及び内部より水圧を別箇に受ける円型管とした。各部材寸法は天井スラブ厚さ 17 cm ラーメン巾 35 cm 高さ 90 cm 壁厚上部 50 cm 下部 90 cm 底厚は側壁下で 120 cm 中心で 75 cm である。基礎は各槽 263本の杭打を行うと共に 30 cm 厚さの敷砂及び 30 cm の玉石基礎を行うものとした。コンクリートの保護としては槽内面にプライマーを塗布し、その上に 2 mm 厚さにブローンアスファルト塗を行う。

両消化槽の間には面積 25 m² のパイプギャラリを設け、各設備間のパイピング並びにバルブを集中し、消化槽の沈下によるパイプの折損予防とバルブ操作の能率化を計っている。

尿尿懸滓中発生するスカムの防止機械には、櫛型、噴



圖—7 消化槽断面図

射式、攪拌式等がある。櫛型はスカム防止には最も効果的であるが、一旦故障のおきた場合には構造上修理点検が困難であり、また新旧尿尿の混合には殆んど効果が無い。噴射式は修理点検は容易であるが、新旧尿尿の混合が不十分であり、攪拌式は尿尿の混合は充分であるが、

修理点検が比較的困難である等、それぞれ長所短所あり、一概に良否を決定出来ないが本市の消化槽では攪拌式を採用し、各槽3台づつ5HPのドルコ攪拌機を設けた。その原動機はガス爆發予防のため耐爆型モーターを使用している。(図-7 及び 図-8)

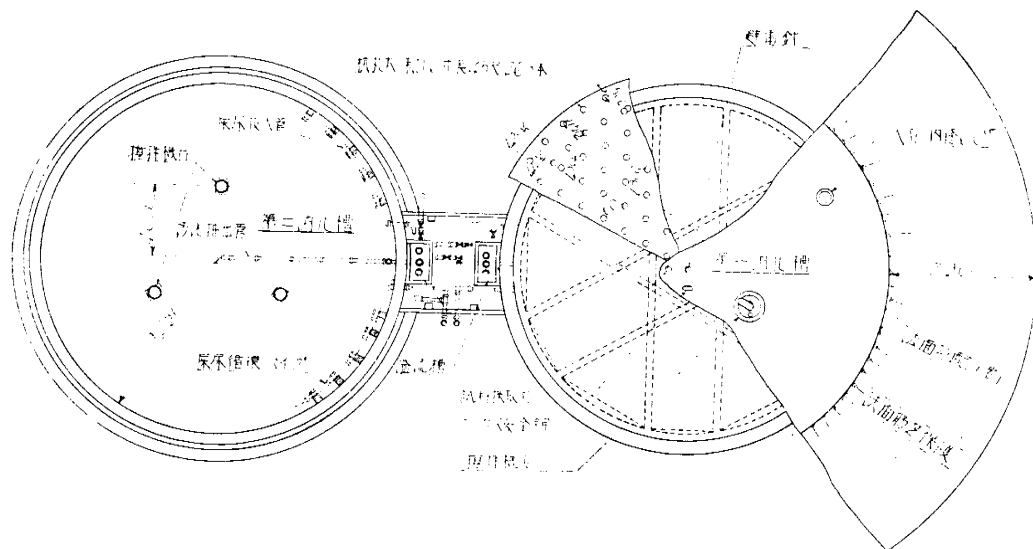


図-8 消化槽平面図

(5) 濾過槽

濾過は Bio-filter 即ち濾過水の一部を返送して反復濾過を行う高率濾法によっている。

濾槽の大きさは内径 10.66 m (35') の円形とし、槽底には排水のため 1/12 の勾配を附す。濾材は目の塞らないよう径 12 cm の玉石を使用し、濾底に 12 cm×9 cm のコンクリートブロックを置き、その上に厚さ 60 cm に充填する。設計濾過水量は 1,080 m³/day であり、従

つて単位当り撒水量は約 123,000 m³/ha/day である。またこの濾槽は高率濾法であるので、濾床蠅発生心配はない。

構造は鉄筋コンクリートとし、部材寸法は側壁、底壁共に厚さ 30 cm であり、基礎には 29 本の杭打を行っている。

撒水機は自動 4 転式の 2 腕型 K.C.A ドルコ汚水撒水機を使用し、回転数は毎分 3 回である。(図-9)

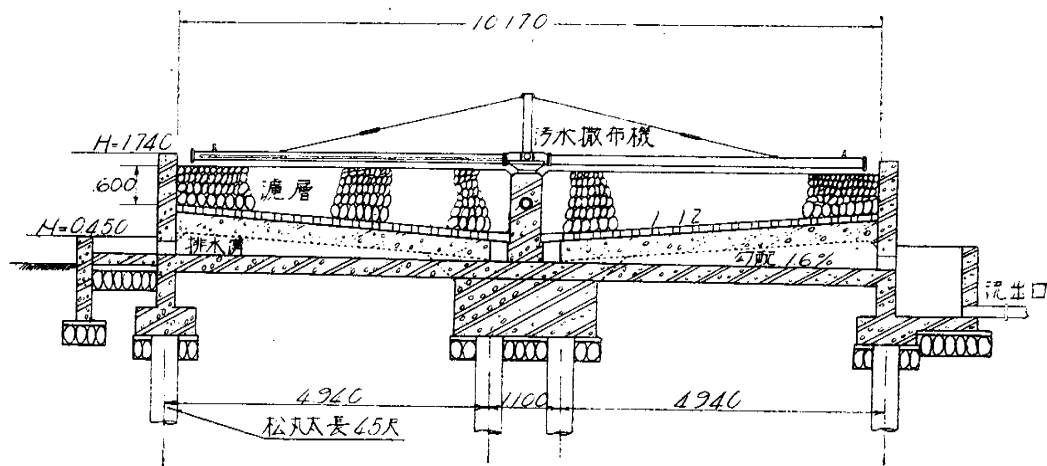


図-9 濾過槽

(6) 沈 澱 槽

沈澱槽は円形槽とし、沈澱時間は7時間である。大きさは内径 13.72 m、側壁高さ 2.13 m であり、従つて平均流速は 0.024 cm/sec となる。溢流部には溢流を均等にするため、レベリングプレートを使用し、汚泥の掻寄せを容易ならしめ槽底に 1/12 の勾配を附している。流入口は中心部底に設け、循環水は中心部水面附近より取り、汚泥の引出はポンプアップによつてゐる。

部材寸法は壁厚 30 cm、底厚 42 cm とし、基礎には 45 本の木杭を使用している。仕上は槽底をモルタル仕上し、その他はコンクリート打放しのままである。

泥汚掻寄機には 2 腕式の S-7 型ドルコ汚泥掻寄機を使用し、1/2 HP モーターにより駆動し、回転速度は 20 分/回 である。なおこの掻寄機にはオーバーロードの場合、直ちに停止するよう自動制御装置が附してある。

(図-10)

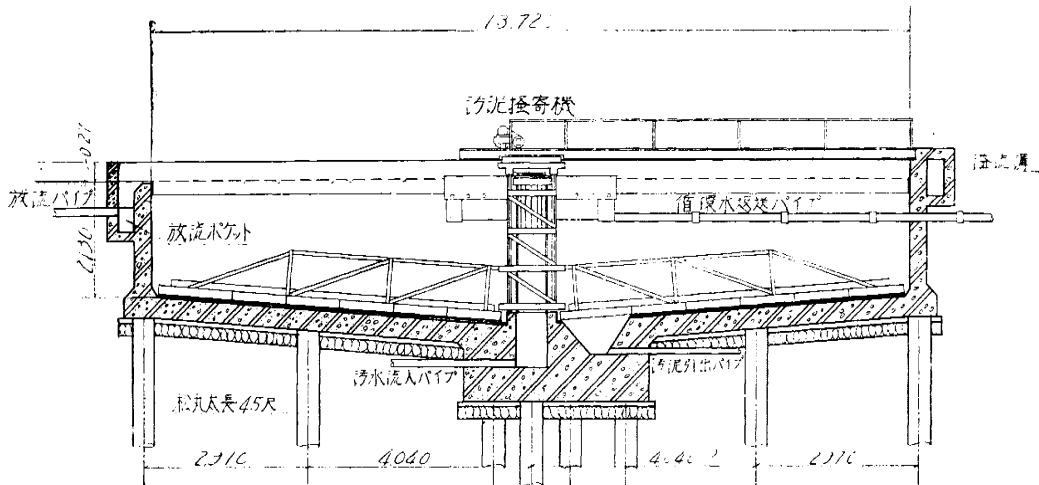


図-10 沈 澱 槽

(7) 汚泥引出槽

消化槽における最大発生汚泥量は投入尿尿の 25% 即ち 22.5 m³/day である。この汚泥を 4 回に分けて搬出処分するものとし、所要容量を 6 m³ とする。槽は基礎コンクリート上に内径 1.5 m、長さ 2 m の鉄筋コンクリート管をのせたもので、コンクリートの蓋を附し、その有効容量は 3 m³ である。従つて消化槽用として 2 基、沈澱槽用として 1 基を設ける。

(8) 計量設備

脱離液計量のため高さ 4.5 m の鉄筋コンクリート高架水槽を設ける。脱離液の抽出量は投入尿尿の 80% 即ち 72 m³/day とし、これを 8 回に分けて計量を行えばその所要有効容量は 9 m³ となる。計量槽は巾 2.7 m、長さ 1.8 m、深さ 2.0 m の直方体水槽とし、部材寸法は側壁、床共に 20 cm 厚さである。

脱離液を濾過槽に撒布するに先だち 15 倍に稀釈すると共に、一定量づつ間歇流下せしめなくてはならない。このため高さ 2.4 m の鉄筋コンクリートのヘッドタンクを築造し、ドルコデストリビュータードーズイングサイフォンを設置した。ヘッドタンクは巾 3.4 m、深さ 0.5 m 長さ 3.4 m の直方体高架水槽で、部材寸法は側壁 20 cm 厚、床 15 cm 厚さである。

再循環水及び稀釈水の計量には、ブラウン差圧式の U 字管型流量計を使用している。

(9) 尿尿の加温並びに暖房

嫌気性菌の経済的発酵温度を 30°C~35°C とし、消化槽内の尿尿はこの温度に保持する。このため投入尿尿の温度を 30°C に上昇せしめる熱量 2,700,000 K cal/day (投入尿尿最低温度を 0°C とし) 及び消化槽の熱損失量、980,000 K cal/day (最低平均気温 -12°C とし) 合計 3,680,000 K cal/day の熱量を消化槽で必要とする。この熱量補給には外部加温方式を採用した。即ち消化槽内の尿尿をパイプで引出し径 1.4 m、長さ 4.27 m の鉄製ドラムよりなる熱交換器に送り、ここでボイラーより送られて来る温水との間に熱交換を行わしめ、尿尿の温度を上昇し、再び消化槽に送り返す方法である。

濾過槽は好気性菌の作用により汚水の浄化を行うもので、好気性菌は +13°C 以上では活潑に繁殖を行うが、温度の低下と共にその活動は急激に不活潑となり +6°C においては全く繁殖を停止する。よつて浄化室の室温はその中間温度即ち 10°C 以上に保持する。また事務室、分析室等の居室は 18°C に保持する。その結果上屋における所要熱量は 120,000 K cal/h となり、その補給にはギルト及びラヂエーターを使用する。

これら尿尿の加温及び暖房の熱源には温水を用ひる。使用するボイラーは熱発生能力 530,000 Kcal/hr の 5—15 高砂セクショナルボイラーとし、バーナーは自動調整装置を有する重油ガス混焼式バーナーとする。

(10) 配管設備

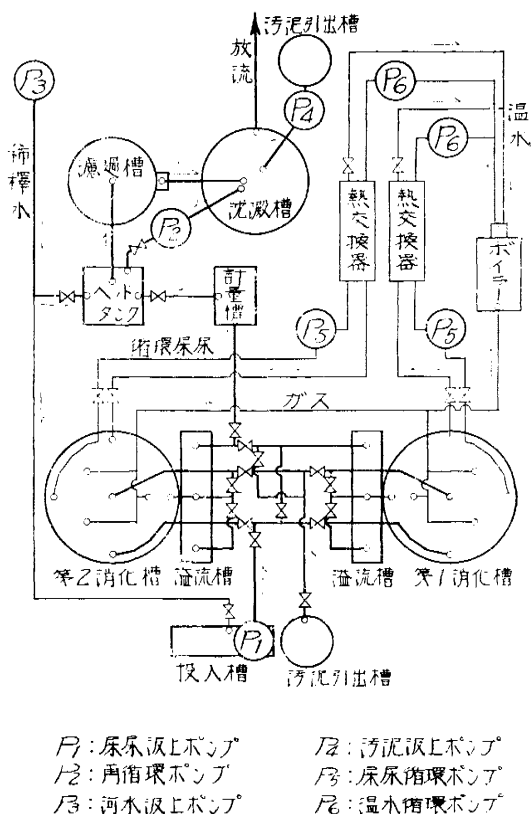
配管を用途により大別すると尿尿処理用、暖房用、給水用に分けられる。尿尿処理用配管には酸化に対する抵抗力が比較的大きい鑄鉄管を使用し、両消化槽を併列にも直列にも使用出来るよう、また汚泥の移槽も可能なように配管している。使用管径は 3'—6' で延長は 590 m である。暖房用、給水用にはそれぞれ黒及び白ガスパ管を使用し、その総延長は約 1,040 m である。(図—11)

(11) 電気設備

300 V 高圧電源とし、高圧鋼帯ケーブルにより変電室に引込み、30 K.V.A トランス 3 台、10 K.V.A トランス 2 台を使用し、動力用は 200 V、電灯用は 100 V の電圧として使用する。使用電力は動力 78 HP、電灯及びコンセント 80 ケ所である。屋内配線にはコンジットチューブを使用し、屋外配線にはジュートケーブルを使用している。停電時においても処理場の機能が停止しないよう 200 V、30 KW 備の予備発電機を備へ最少限の電力を確保している。

(12) ポンプ設備

本施設において使用するポンプは 表—2 に示す通りである。(表—2)



圖—11 配管系統圖

表—2

用 途	形 式	口 径	馬 力	揚 程	揚 量	臺 数
熱交換器用温水循環ポンプ	エバラ製作所製 SLM 型	4 "	2 HP	5 m	0.9m ³ /min	2
暖房用温水循環ポンプ	" HSM No. 3 型	3 "	1/2 HP	1.8 m	0.15 "	1
熱交換尿尿循環ポンプ	" u.l. WSM 型	4 "	5 HP	10 m	0.9 "	2
稀釋用給水ポンプ	" u.l. SLM 型	3 "	3 HP	11.5 m	0.56 "	1
用罐水給水ポンプ	" 100 SLM 型	2 "	2 HP	12.5 m	0.23 "	2
脱離液再循環ポンプ	" u.l. WMul 型	4 "	5 HP	10 m	1.1 "	1
尿尿汲上ポンプ	" VM SLM 型	5 "	10 HP	9 m	1.7 "	1
汚泥汲上ポンプ	ドルコ DSM No. 3 型	3 "	3 HP			1
ボイラー室排水用ポンプ	ウイングポンプ	1 1/2 "	0			1

(13) 給水設備

給水設備は用罐飲料用と脱離液稀釈用に分けている。用罐飲料用としては径 6'、深さ 30 m のボーリングを行い 2' ポンプにより 容量 4.5 t の高架水槽に揚水し、これよりボイラーその他に導き使用する。

脱離液稀釈用としては創成川底に面積 40 m²、厚さ 90 cm の礫床を作り、それを通し河水中の浮遊物を除去し 3' ポンプで揚水して使用する。

6. 結 び

以上札幌市尿尿処理場の主要施設について紹介したものである。尿尿処分の問題は大都市より漸次中都市に及んでおり、道内都市においても近くこの種施設を建設するところもあると思うが、その折に参考として戴けたら幸いである。