

南極昭和基地用循環式トイレト 設備の設計について

森 勇*

RESEARCH AND DESIGN OF A CIRCULATION TOILET SYSTEM FOR SYOWA STATION IN ANTARCTICA

Isamu MORI*

Abstract

The circulation toilet system, designed for the use at Syowa Station in the Antarctic, consists of faeces tank and urinate tank. The former is equipped with Japanese and European style lavatory pan, strainer, circulation pump, discharge valve, water level gauge and control panel and the latter with an urinate pan, water level gauge, exhaust pump and discharge hose.

The faeces tank is acceptable to a 20-member household over a 15-day period. Sludge of the faeces tank is carried away by a vehicle and the sewage of the urinate tank is discharged by a pump. The urinate tank serves for the storage of the bath sewage.

The equipment is installed in a room contiguous to a power plant, and by the use

of its remaining heat, the sewage of the tank is prevented from freezing. The synthetic flushing liquid is put into the faeces tank, which is especially composed for the disinfection, disodorization, decoloration, cleaning pot and prevention from freezing. After use by operating pedals of the Japanese-style pan and by putting on the lid of the European-style one, the strainer and the pump are operated during a limited time by a time-switch and the urinal pan is cleaned.

The equipment is packed in three sections to be carried by a helicopter, and the total weight is about 670 kg. Now we continue our studies on how to burn our sludge discharged from the urinal, and if it proved successful, human waste disposal problems in the Antarctic will be solved.

要旨：この設備は南極昭和基地において越冬隊員の日常生活に使用するために設計した。設備は大別して大便タンクと小便タンクとに分れて、大便タンクには和式便器・洋式便器・

* 荏原インフィルコ株式会社. Ebara-Infilco Co., Ltd.

循環ストレーナー・循環ポンプ・排出弁・水面計・操作盤等が、小便タンクには小便器・水面計・放出ポンプ・放出ホース等が取り付けられている。

使用人員は20名で、大便タンクは15日間分の容量がある。大便タンク内の汚物はバキュームカーで搬出し、小便タンク内の汚水はポンプによって屋外に放出する。この小便タンクは浴室の排水の貯留も兼ねている。

この設備は、発電所に隣接した建物内に設け、エンジンの余熱で加温し、汚水がタンク内で凍結することがないように考慮されている。

大便タンクには、あらかじめ合成洗滌液を少量入れて、これを基礎として循環使用する。この液は消毒、脱臭、着色、便器の洗滌、凍結防止を目的として特に合成したものである。実際の使用方法は、用を足し終えたら和式便器はペダルを踏む、洋式便器は蓋を閉める、だけでよく、あとはストレーナーとポンプがタイムスイッチによって一定時間運転されて便器の洗滌を行なう。

これらはヘリコプターに搭載できるように分解して3つのこん包にまとめられる。輸送時の重量は670kgである。

我々は、大便タンクから排出される汚物を焼却する方法を研究中で、これに成功すれば極地における便所の問題も一応解決すると云ってよいだろう。

1. 基礎調査

計画の基本方針をたてるにあたって、海外諸国における研究・実施例を調べた。

現在南北両極地その他極寒地域には各国の観測所・研究所および軍事基地があり、多数の人員が活動している。したがって人間の生活に必要な各種設備も設けられているが、その中で最も技術的に立遅れているのが便所の設備であるといわれている。通常の都市生活で最も普及しており衛生的な便所の方式は水洗式であるが、極地においてはあまり採用されていないらしい。極地において水洗式が採用されない理由として挙げられものに、

用水：水洗用水を多量に使用するので（1人1日30ℓ以上）、氷雪を解かして上水を造っている極地では不経済で使用に耐えぬ、

凍結：排水管中の汚水が凍結し管を閉塞破損せしめる、

環境汚染：多量の汚水を出すため環境を汚染し、これを防止するための都市下水道並の浄化処理は不可能である、

等があり、実際に使用されている方式は次の如きものである。

(1) 非水洗汲取式

現在の日本の都市も大半はこれであり，非衛生・臭気・汲取投棄作業の点で決してよい方法とはいえないが，簡便性がかわれて，昭和基地やマクマード基地でも採用されている．この方式は次の二つの種類がある．

a. 仮設移動式：雪中あるいは土中に素掘り穴を掘るか，ドラム罐をいけ込みその上に小屋を建てる．穴が排泄物で一杯になったら埋めて，他にあらたに便所をつくる．屋内に設けることは困難だから，居住区から離れた屋外に建てることになり，吹雪の時などは使用に不便であり危険である (Figs. 1—2 参照)．

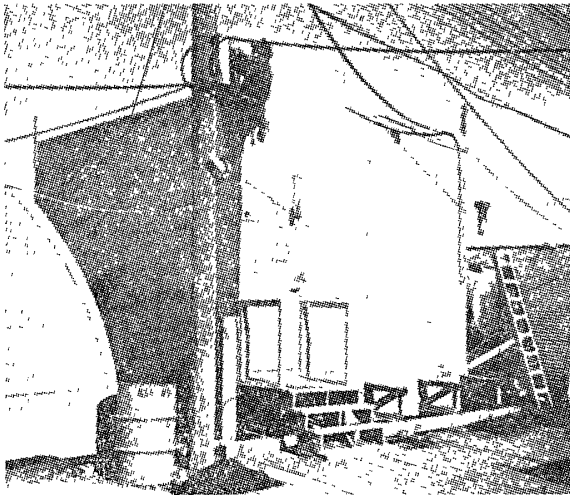


Fig. 1. Toilet room at the McMurdo Base.

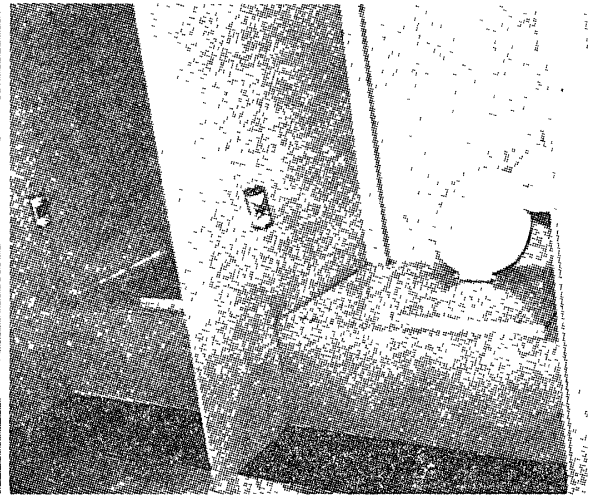


Fig. 2. Installation of toilet.

b. 定置式：居住区域の屋内の一部に便所を設け，その床下に便槽を置く．便槽には固定式と交換式とがあり，固定式の場合はし尿を便槽より別の容器に移して，搬出投棄する．交換式は便所の下に容器（廃物のドラム罐など）を入れておき一杯になったら引出して容器ごと投棄する．

(2) 非水洗焼却式

大便のみを分離してガス重油または電熱で焼却する方式であって，米国では“DESTROILET” “INCINELET” などの名称でグリーンランドで一部使用されている模様である．この方式について U. S. Naval Civil Engineering Laboratory では

- 燃料消費量がかさむ，
- 臭気が激しい，
- 操作上信頼性に乏しい，

ので不完全であるといっている。

(3) 循環水洗式

水洗式が最も好ましいものだが、前述の理由により採用しにくい。これを解決するのが、循環式水洗方式である。

極地の水洗便所の洗滌用水として考えられる液体には、融雪水、海水、合成洗滌水、燃料油、汚水上澄液などがある。

便器洗滌用水として必要な性質は、

比重が水よりも大きい小さいこと、

安価に入手できること、

色や臭いに不快がないこと、

凝固せず、揮発せず、引火せず、凍結しないこと、

であるが、どれも満足させるような液体は今のところない。

洗滌用に燃料油を使用することは、かなり研究されている。汚物を含んだ洗滌排水はボイラー室へ圧送され、バーナーで燃焼される。この方法は特別の液体を用意する必要はないし、設備も簡単だし、あとの燃え渣もごく少量である。ただこの欠点はバーナーのつまりが起ることや、便所を設けるのがボイラー室かその近辺に制限されてしまうことである。

やはり一般的なのは、水による洗滌だが、極地においては水は貴重でやたらに使えない。そこで汚水の上澄液（大部分は小便）を循環して使用することになる。この方法はたとえ消毒剤を注入しても日数がたつと悪臭を発生し、色も不快なものになってくるので、U.S. Naval

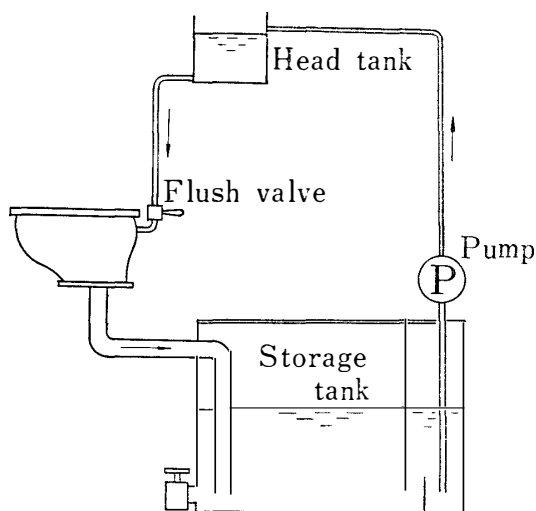


Fig. 3. Flow diagram of home steader system.

Study ではせいぜい6～8人までの小規模な施設に適するといっている。Fig. 3はその実施例である。

また便器を改良して少量の水で完全な洗滌ができるようにすることは水を節約する点で重要なことである。

このようにして多少設備費・薬品代がかかっても、水の使用量が節減できれば十分引合うことになる。

なお、これらいずれの方法をとっても汚物の投棄の問題が生じるが、本格的な処理はしないので、基地の周囲を汚染することになる。しかし、内地と異なり極地は極低温であるため、腐敗性の細菌の活動はほとんどないから、汚水汚物の放流・投棄を造水用水雪の採取場所から十分はなれた地点に定めれば、当座の実害はないだろう。だが、将来もこの方法をつずけるのは、次の世代に対し公害を保留することになるから、いずれは完全処理にしなければならない。

2. 基本計画（方式の決定）

調査と平行して、現在の汚物処理技術から考えうる各種の方式を立案し検討を加えた。

(1) 粉砕処理方式

これは完全な水洗放流式であって、汚水を圧力タンクに溜め、粉砕機で固形物を砕き、消毒剤を添加し、コンプレッサーで圧力をかけ、ホースにより屋外へ放出するものである。この方法は洗滌水が使い捨てで、水を浪費するし、周囲の汚染の度合も激しいので、あまり好ましいものではない。

(2) 生物酸化処理方式

これも通常の水洗式であって、便所からの汚水を浄化装置に導き、ここのタンクの中で空気を吹き込み、好気性の微生物を繁殖させ、汚水中の有機物を摂取させて、浄化する方式である。都市下水の処理もこの原理であるが、極地では内地なみの安定した処理が可能か否か不安であるし、規模もある程度大きくないと運転が難しいことで、この場合不適當である。

(3) 焼却方式（非水洗）

じん芥焼却兼用炉の上に便器を設け、炉内に汚物が溜ったら、じん芥とともに補助燃料

(軽油・重油等)を加えて焼却する方法である。臭気と燃料費の点で実施困難である。

(4) 循環方式

タンク内の汚水をストレーナーで濾過して、これをポンプで加圧し便器を洗滌する。便器はタンクの上に置かれ排泄物は洗滌水により下のタンクに流下する。なお、タンクにはあらかじめ薬剤の水溶液を基礎水として注入しておく。隊員が使用してタンクが一杯になったら、内部の汚水の全部または底部の汚泥(大便と紙)のみを引抜き、屋外に搬出する。

以上のような各種方式について検討したが、結局

- i. 水の節約・燃料不要
- ii. 汚物の搬出が容易
- iii. 操作が簡便かつ安全
- iv. 小型軽量化が可能
- v. 製作費が比較的低廉

等の長所のある循環方式を採用することに決定した。

なおこの循環方式の汚泥分を粉碎微粒化して、高温反応槽内に噴霧し有機物を酸化分解する汚泥湿式燃焼装置も研究したが、

- i. 高温加熱の危険性
- ii. 燃焼反応の持続性
- iii. 補助燃費
- iv. 噴霧装置の閉塞

等の未解決の問題が残されているので現段階で実用化するのは止めた。

3. 試 験 研 究

循環方式によって設計することになったので、装置の主要部分につき、更に検討を行ない、必要なものについては実験をした。検討を必要とした品目・項目は次の通りである。

- 1. 便器
- 2. ストレーナー
- 3. ポンプ
- 4. 薬剤
- 5. タンク容積

6. 用便紙

(1) 便 器

中央に流出口のあるつぼ型が次の点で優れていることが判った。Fig. 4 に取り付け状況を示す。

i. 汚物を洗い流すための洗滌水量が少なくよい。

普通の家庭用のサイフォントラップ型 10～15l/回

中央流出口型（つぼ型） 2～3l/回

ii. ステンレス鋼板製とするため型の打出し加工が容易である。

iii. トラップ部分がないから詰ることがなく、仮に詰っても掃除が簡単である。



Fig. 4. Japanese style pan.

ただし、この型の欠点は底部に液が溜らないから、内面が乾燥して汚物が附着し易いことであるが、内面が乾いているときは使用前に一度フラッシュして濡しておけば附着が防げることが判った。

なお大便タンクからの臭気を遮断するために流出口にフラッシュペダルと連動して開閉する蓋を設けることにしたが、タンク内にあらかじめ入れておく薬剤中の脱臭剤によって臭気はあまり感知できぬから、蓋はかならずしもなくてもよいと考えられる。洋式便器は和式に準じた構造とした。

(2) ストレーナー (Figs. 5—6 参照)

このストレーナーの目的は汚水中の大型の固形物を除いて、ポンプや便器の噴水口を詰らせぬように、また使用する者に不快感を与えぬようにすることである。

平板に小孔を多数あけたストレーナープレートと、メカニカルフィルターとの二者について比較した結果、後者を採用することにした。ストレーナープレートには、

i. 短時間に多数の人が連続して使用すると、濾過量が追いつかなくなる。それなら濾過面積を大きくすればよいわけだが、この場合寸法に制約がある、

ii. 2回目以後使用するとき洗滌水注入時にストレーナー面をブラシで清掃する必要がある

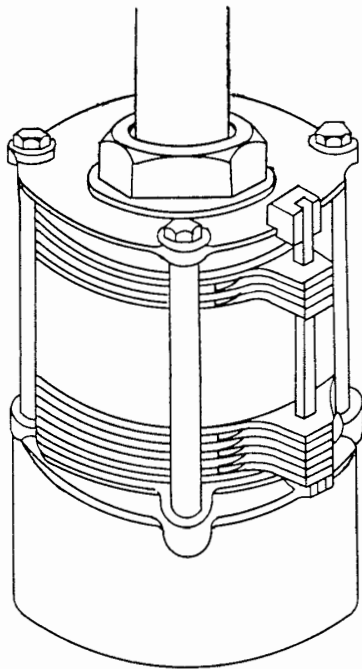


Fig. 5. Details of strainer.

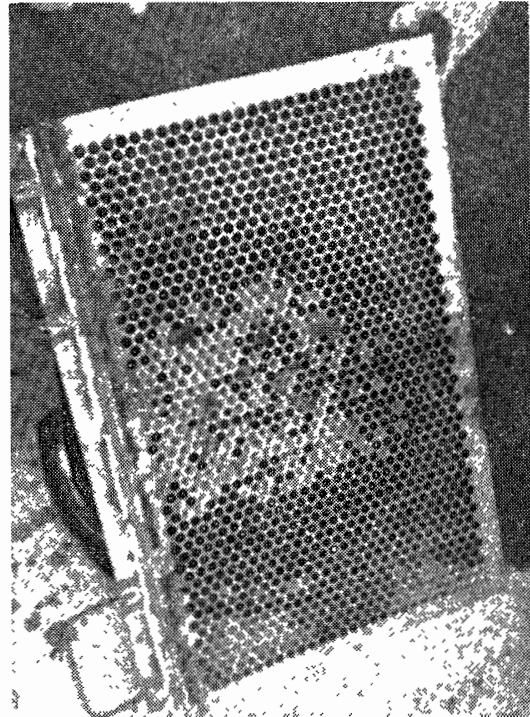


Fig. 6. Strainer plate.

る、

iii. トイレtp紙の紙質に吟味を要する、繊維の長いものはストレーナーにからまり閉塞し易い、

等の問題点があつて、3~4名用の小規模なもので、大小便共通の便器には適するが、大型には不適當であることが判つた。

(3) ポンプ (Fig. 7 参照)

ポンプはモノフレックスポンプ (フレキシブルインペラーのロータリーポンプ) を採用することにした。

循環ポンプとしての条件は、

i. 呼水不要なこと、

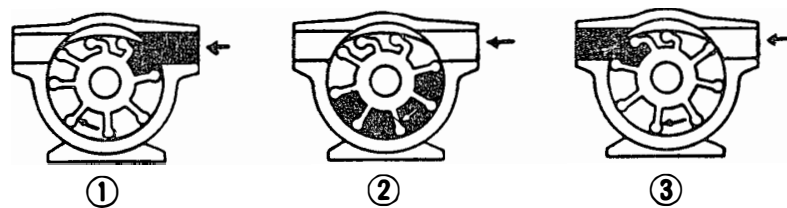


Fig. 7. Monoflex pump.

- ii. 固形物による閉塞がないこと,
 - iii. 詰ったときの分解掃除が容易なこと,
- であり, これに対しモノフレックスは,
- i. 自吸水式である,
 - ii. インペラーが柔軟であり, 吸込一吐出間に急激に断面の小さくなっている個所がない,
 - iii. 配管を外さずに前蓋を開いて掃除とインペラーの交換ができ, その作業はドライバーのみでできる,
- 等の特長があるから, 使用目的を満足する.

実際に 2mm のストレーナーで濾過した汚水を $\frac{3}{8}$ インチのポンプで, 延300l 送水したが詰りは全くなかった.

(4) 薬 剤

試験にはジャスミン #1,000 (香料: し尿臭を隠蔽する効果), メチレンブルー (染料: し尿色を消す効果), 石鹼乳液 (汚物が便器に附着しないようにする界面活性効果), を混合し, 水で希釈した液体を洗滌液 (基礎水) として使用した. 結果は良好で, 本洗滌液と大便の比率が 3 : 1 程度までは支障なく使用できるようである.

なおこの合成液とほぼ同様の組成の商品「ポリシン」が市販されているので, 南極に携行するのはそれを購入することにした.

(5) タンク容積

タンクの有効容積は次の関係で決ってくる.

大便タンク = 1 人 1 日大便排泄量 \times 20 人 \times 15 日 + 基礎水量

また満タンク時の大便量 : 基礎水量 = 1 : 3 成人男子の 1 人 1 日大便排泄量 400cc

小便タンク = 1 人 1 日小便排泄量 \times 20 人 \times 7 日 + 浴場排水量 (7 日に 1 回)

ここで浴場排水量 1 回当り 400l, 成人男子の 1 人 1 日小便排泄量 1,000cc とする.

(6) 用 便 紙

メカニカルフィルター型ストレーナーの採用により, 一般の市販のロール式トイレットペーパーならどれでも支障なく使える.

4. 構造と操作

Fig. 8 に示すように、便所全体は発電棟に隣接する燃料予熱室床上に設置される。便所は大便秘タンクと小便タンクおよびそれらの附属品からなる（詳細は設備仕様表参照）。予熱室内には発電機ディーゼルエンジン用軽油タンクがあるので、本設備の電動機と操作盤および開閉器類はすべて防爆型を使用している（Figs. 9—10 参照）。

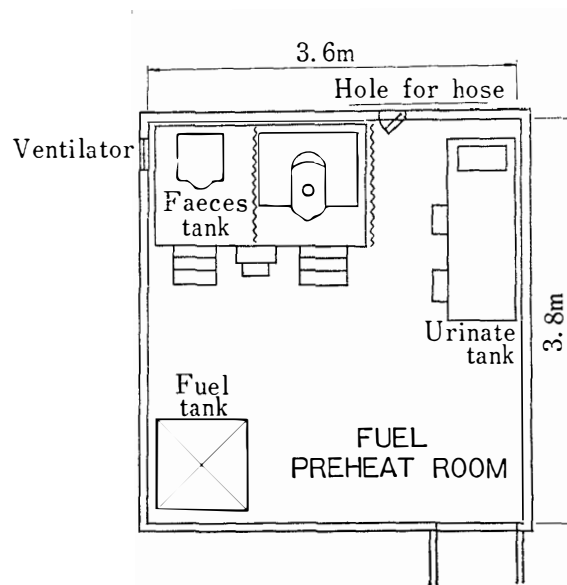


Fig. 8. Layout of Syowa Unit.

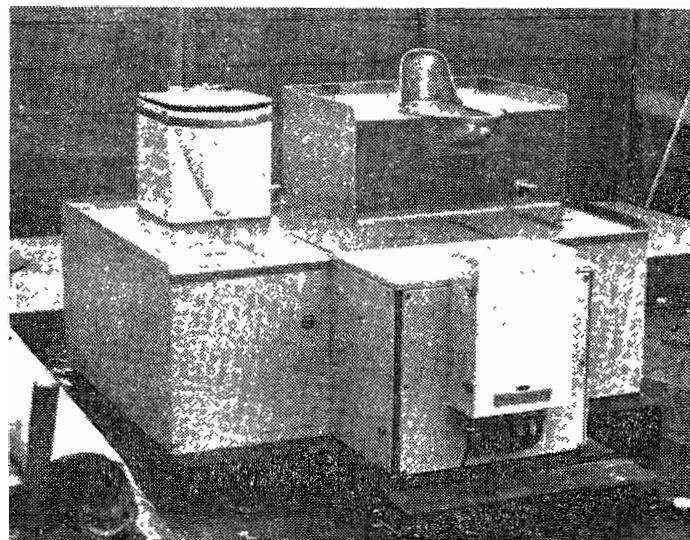


Fig. 9. Toilet equipment.

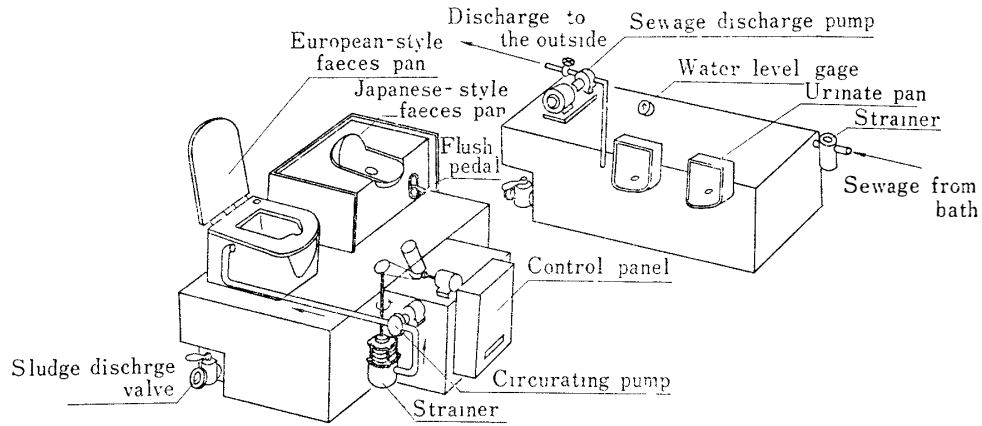


Fig. 10. Toilet equipment.

大便タンクは、使用に先立って洗滌液「ポリシン」の水溶液 600 l を注入する。タンク内の液量はタンク上部に取り付けた液面計に指示される。和式大便器を使用するには、内地の鉄道列車と同要領で、用を足し終えたら、ペダルを踏み下げる。踏むと同時にストレーナーとポンプが作動し、便器内の上部周囲から洗滌液がフラッシュし始める。また、同時に便器の底部の蓋も開く。ペダルから足はすぐ離してよい。ストレーナーとポンプはタイムスイッチにより、5~10 秒間（この時間は任意に調節できる）作動しその後自動的に停止する。底部の蓋はギヤダンパーにより徐々に閉じる。洋式大便タンクは上部蓋にマイクロスイッチが組込まれており、用を足し終えて、上蓋をもと通りに倒して閉めると、和式と同様フラッシュを開始しタイムスイッチにより自動停止する。なお、和式と洋式は電氣的にも、配管も

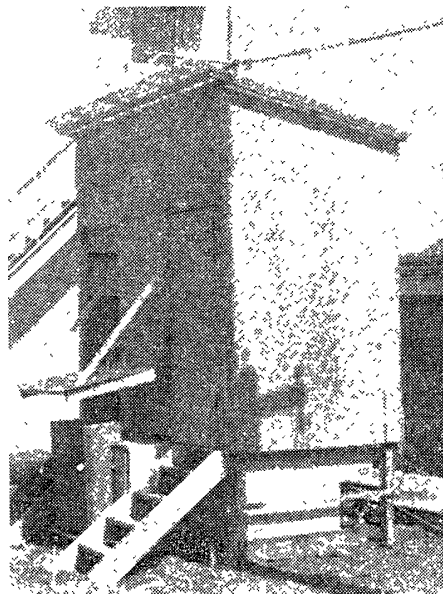


Fig. 11. Test equipment.

別個に独立しているのです、両方同時に使用して差支えない。

タンクの上面には、いぼ付ビニール板を張り、すべらぬよう考慮している。

小便タンクには、小便器2個が直接取り付けられており、小便は直接タンクに流入する。特にフラッシュはしないので時々清掃してやらねばならない。

浴場からの排水管はストレーナー（ヘヤキッチャー）を介してタンクに接続されている。

タンクの上部には汚水放出ポンプを設置し、タンクが一杯になったら、手動でポンプを運転し、汚水を屋外に放出する。

循環式トイレ設備仕様表

	品名	個数	要項
大 便 所 設 備	汚物タンク	1	縦 1.8m×横 1.2m×高さ 0.6m, 有効容量 840l タンク本体 SUS-27, 保温材発泡スチロール, 側板 耐水性合板
	大便器	2	和式, 洋式 各 1, 本体 SUS-27, 側板 耐水性合板 フラッシュ用リミットスイッチ付
	循環ポンプ	2	モノフレックス型 口径 $\frac{3}{8}$, 揚水量 18l/min, インペラー合成ゴム, ケース BC6, 電動機 AC 50% 200V 0.2kW 安全増防爆型
	ストレーナー	2	金属性回転式 間隙 1mm, ローター径 100mm, ローター厚 72mm, 回転数, 電動機 AC 50% 200V 0.2kW 安全増防爆型
	水量指示計	1	フロートダイヤル式
	汚物排出弁	1	コック式, 口径 75mm, 本体コック FC-23
	踏段	2	タラップ式, 木製
小 便 所 設 備	汚水タンク	1	縦 2.0m×横 0.8m×高さ 0.6m, 有効容量 740l タンク本体 SUS-27, 保温材 発泡スチロール, 側板 耐水性合板
	小便器	2	朝顔式 SUS-27
	放出ポンプ	1	モノフレックス型 口径 $1\frac{1}{2}$, 揚水量 170l/min, インペラー 合成ゴム, ケース BC6, 電動機 AC 50% 200V 2.2kW 安全増防爆型
	浴場排水 ストレーナー	1	口径 $1\frac{1}{2}$ 2mmφ メッシュ ストレーナーエレメント SUS 22 ケース FC 20
	水量指示計	1	フロートダイヤル式
	踏台	1	

(昭和40年12月23日受理)