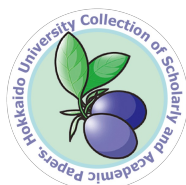




HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	凍結融解を利用した汚泥処理の研究
Author(s)	野田, 甕六; 神山, 桂一; 高桑, 哲男 他
Citation	衛生工学, 9, 41-53
Issue Date	1964-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/36167
Type	departmental bulletin paper
File Information	9_41-53.pdf



凍結融解を利用した汚泥処理の研究

野 田 旺 六 *
神 山 桂 一 **
高 桑 哲 男 ***
安久 津 赴 ****
(昭和38年12月20日受理)

Experimental Studies on Dewatering Of Digested Sludge by Freezing, Thawing and Filtration Method

Sōroku NODA
Kēichi Kō YAMA
Tetsuo TAKAKUWA
Takeshi AKUTSU

Several reports revealed that the dewatering characteristics of sludge are remarkably improved by freezing and thawing. Optimum freezing and thawing conditions have, however, not ever been clearly mentioned.

The authors have performed some laboratory experiments with ordinary Buchner-funnels to know some suitable freezing conditions. Effects of freezing temperatures and freezing time, freezing and thawing cycles and standing time after thawing on the filtrability of digested sludges were studied.

Carman's specific resistance is reasonable as an index in the case of ordinary vacuum filtration, but it is not applicable in the case of sludges conditioned by freezing and thawing. As a suitable index for the case, the authors introduced the F-value, which was derived from Carman's theory. The experimental results are discussed by the index in this paper.

The most important factor on filtrability improvement is the product of freezing temperature and time. The products are firmly related with the F-values, according to the investigations.

There exists an optimum product of freezing temperature and time. The extension of freezing the optimum value does not add effective improvement any more. A relatively higher tempe-

* 下水工学講座 教授

** 下水工学講座 助教授

*** 大学院 修士課程

**** 横浜市土木局

perature but a longer freezing time also increases filtrability to the same extent. The repeating of freezing and thawing cycles is not effective.

The thawing temperature gives little influence upon the filtrability. The conditioning is over, the sludge should be applied to the filter as soon as possible, because the filtrability deteriorates with the longer standing. The addition of proper chemicals to the sludge before freezing extraordinarily improves filtrability.

Further discussion is needed on the effective application of heat and the suitable way of handling of the fragile sludge treated by freezing and thawing.

1. 緒 言

従来、下水処理において汚泥の処理はあまり関心をはられていなかった。特に汚泥の高級処理は下水の高級処理に比べ、はなはだ立ち遅れていたといわざるをえない。放流水域の水質の保護のために処理水に高度の浄化度が望まれるにつれて、その発生する汚泥量は増大し、他方人口の都市集中、都市の広域化にともない、生活環境を悪化させる汚泥の原始的で非衛生的な処分は許されなくなつたため、衛生的な汚泥の処理方法の確立が必要となつてきた。しかしながら非生産的である下水処理のうちでも特に汚泥処理に関しては、効率高く衛生的であるとともに経済的であることが要求される。汚泥の処理において、こうした要求をすべて満たすような方法はまだ確立されておらず、今後多くの研究の余地を残している。

汚泥は濃縮、消化によつてその容積は減少するが、なお多くの水分を含んでいるため含有固形物の割合に比べて全体の体積が大である。従つて汚泥処理においては脱水操作が非常に大きい比率を占めることになる。現在、下水汚泥の処理処分法としては、汚泥乾燥床による脱水と、真空ろ過機、フィルター・プレス、遠心分離機による機械的脱水法が広く用いられる。

汚泥処理、特に機械的脱水処理の前処理として、汚泥を一度凍結させると融解後その脱水性が飛躍的に好転することは既に報告されている。¹⁾²⁾しかし凍結温度、凍結時間、その他の凍結条件や融解条件などについてはほとんど明らかにされていない。

寒地の汚泥処理にこの凍結法を利用できるならば、冬季の下水汚泥処理およびし尿処理によつて生じた汚泥の処理という困難な問題に対し一つの解決となると考え、いくつかの基礎的研究を行つた。

また汚泥の脱水性の表示に関しては、従来から数多くの研究が重ねられており、Carman 等の提唱した比抵抗という概念が広く採用されているが、凍結処理を行つた汚泥ではこの理論が必ずしも適切なものでないことが認められたので、これに関しても考察を加えあらたにF値なるものを提案した。

2. 汚泥の脱水性

2-1 Carmanの理論と比抵抗

汚泥を真空ろ過機あるいはフィルター・プレスによつてろ過する場合の脱水性を表示する方法としては、種々のものがあるが、そのうちでCarmanの式が最も広く用いられ、また実際に使用された結果からみてもかなり便利であると報告されている。

Carmanはろ過に関する主たる変量であるろ過圧力、ろ過面積、ろ過容量、汚泥の固形物濃度、ろ液の粘性などを考慮して次のような理論式を誘導した。³⁾

$$\frac{dV}{dt} = \frac{PA^2}{\mu (rcV + R_m A)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

この式で、 V : t 時間 [sec] に得られたろ液量 [ml]

P : 使用圧力 [$\frac{g}{cm^2}$]

A : ろ過面積 [cm^2]

μ : ろ液の粘性 [centipoise]

r : 汚泥の比抵抗 [$\frac{sec^2}{g}$]

R_m : ろ過材料の初期抵抗 [$\frac{sec^2}{cm^2}$]

c : 汚泥の濃度、すなわち単位容積当りの蒸発残留物 [$\frac{g}{cm^3}$]

一般には、ろ過は一定の圧力下で行うので式(1)を P を一定として積分すると、

$$t = \frac{\mu r c}{2PA^2} V^2 + \frac{\mu R_m}{PA} V \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu r c}{2PA^2} V + \frac{\mu R_m}{PA} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式(3)において

$$b = \frac{\mu r c}{2PA^2}, \quad a = \frac{\mu R_m}{PA}$$

とおけば

$$\frac{t}{V} = bV + a \quad \dots\dots\dots (4)$$

となつて、 t 時間に得られたろ液量 V を測定することによつて、 V と t/V との関係を図-1のようにプロットすると、この図の直線の勾配が b 、縦軸を切る点が a となつて、汚泥の比抵抗 r およびろ過材料の初期抵抗 R_m を次のようにして求めることができる。

$$r = \frac{2bPA^2}{\mu c} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$R_m = \frac{aPA}{\mu} \quad \dots\dots\dots (6)$$

この比抵抗 r は汚泥をろ過によつて脱水し汚泥ケーキをつくるときに、ろ過速度の大小すなわちろ

通しやすいか否かの示標となるもので、 r が大きいものほど脱水性が悪いといえる。この r はろ過の圧力を一定とした場合には、一つの汚泥試料について一定と考えてよくろ過時間によつては変化しない。

2-2 凍結融解を行つた場合の比抵抗

消化汚泥を凍結融解することによつて、その比抵抗がどのようになるかを求める実験を行つてみた。図-2はろ過時間も、それまでにろ過された水分の量 V との関係をプロットしたものであつて、線-1に示されるように前処理を行わないものでは長時間かつても汚泥中の水分はろ過されないが、一度凍結させ融解したものでは、線-3~8のごとく短時間ろ過されてしまう。この結果から前記の比抵抗を求めるため、 V と t/V の関係をプロットすると図-3のようになった。

凍結融解処理を行わない汚泥は線-1のごとく直線となつて、この勾配から比抵抗を計算できるが、これに対して凍結融解処理を行つたものは線-3~8のごとく曲線となり、これから正確な勾配を求めることはできない。これによると比抵抗が時間とともに変動していることが示されている。

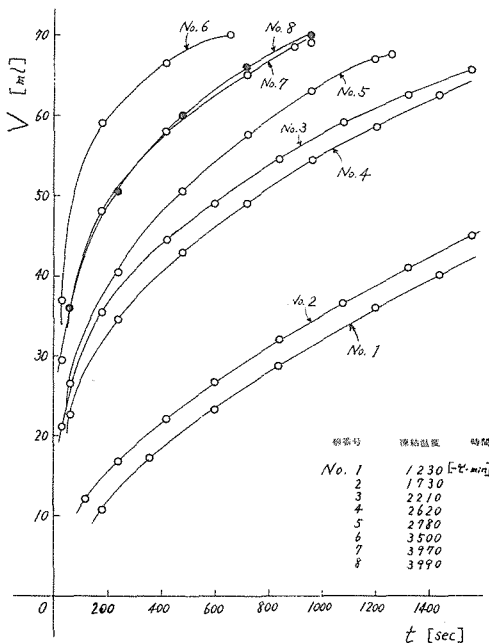


図-2 凍結融解汚泥の脱水状況

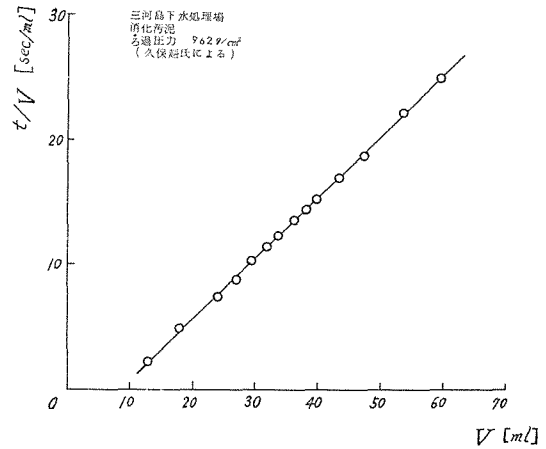


図-1 $V - \frac{t}{V}$ 図

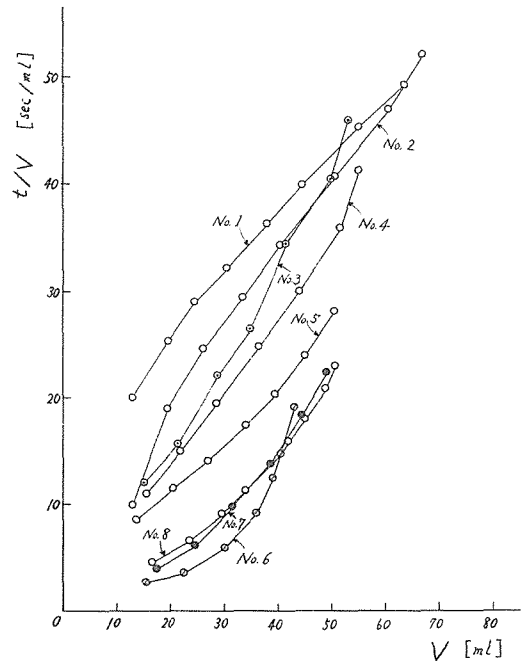


図-3 凍結融解汚泥の $V - \frac{t}{V}$ 図

比抵抗を求める試験では、普通、汚泥ケーキが安定しないとしてろ過開始後2分間は記録を行わず、それ以後の結果をプロットして勾配を求めることにより比抵抗を計算する。しかし凍結融解処理汚泥の脱水性はろ過開始後数分間において顕著であつて、その水分の大半がこの時間内にろ過されてしまい、それ以後は急速にその勢いが衰えてしまう。

これはろ過を継続していると、汚泥の粒子状態が当初はフロック状であつたものが次第に異なつたものとなり、汚泥間隙が次第に閉塞されていくためと思われる。このような状態の汚泥ろ過に対しては、前記のような比抵抗を用いて脱水性の良否を判定することは不適當で、別の示標を見出すことが必要である。

2-3 凍結融解処理汚泥の脱水性の表示

前記のような理由から、従来からの比抵抗あるいは徳平氏らの提案した修正比抵抗⁴⁾などの代りに、(1)ろ液量の大半を占めている、ろ過開始後数分間のろ液量を無視しない。(2)勾配 b を正しく求められるような何か別の脱水性表示法が必要となつた。

図-3の結果からみると、比抵抗が時間の経過すなわちろ液量の増加とともに大きくなつていく。そこで、比抵抗はろ液量の増加につれて変動し、その度合はフロックのこわれやすさが大きいほど大となるとして、次のように仮定する。

$$r_f = r_i V^n \quad \dots\dots\dots (7)$$

こゝで、 r_f : 凍結融解ろ過の場合の比抵抗

r_i : 凍結融解ろ過の場合の初期比抵抗

V : t 時間 [sec] に得られたろ液量

n : 汚泥粒子間の空隙のつまりやすさに関係した係数

この関係を Carman の式(1)に代入すると、

$$\frac{dV}{dt} = \frac{PA^2}{\mu (r_i c V^{n+1} + R_m A)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

この関係を前の場合と同様に一定圧力でろ過するとして積分すれば、 $t=0$ において $V=0$ なることから、

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu r_i c V^{n+1}}{(n+2) PA^2} + \frac{\mu R_m}{PA} \quad \dots\dots\dots (9)$$

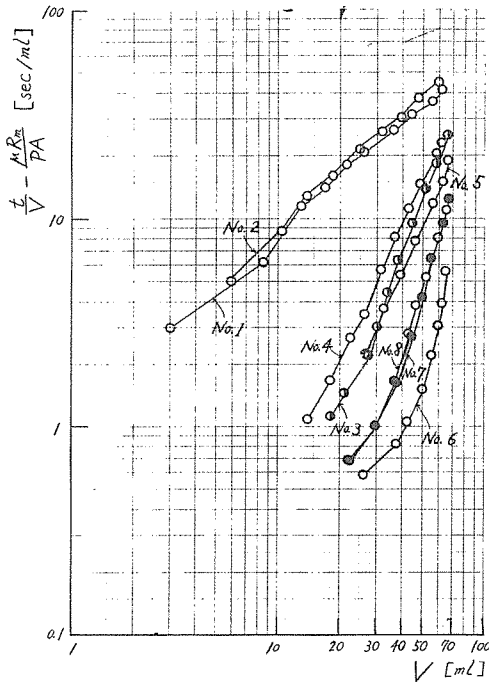
こゝで、右辺第二項は第一項に比して非常に小さい値となり、無視してもさしつかえない場合が多い。凍結融解を行つた場合はほぼ 0 になる。

式(9)を変形して両辺の対数をとると、

$$\log \left(\frac{t}{V} - \frac{\mu R_m}{PA} \right) = \log \frac{\mu r_i c}{(n+2) PA^2} + (n+1) \log V \quad \dots\dots\dots (10)$$

となる。両対数紙上に V と $(\frac{t}{V} - \frac{\mu R_m}{PA})$ の関係をプロットすると、図-4のごとくになり、図-3と同じ結果が直線として表わされている。これらの直線の傾きを k 、縦軸切片を α とすると

$$r_i = \frac{\alpha (n+2) PA^2}{\mu c} \quad \dots\dots\dots (11)$$



図一4 凍結融解汚泥の
 $\log V - \log \frac{t}{V}$ 図

$$n = k - 1$$

として、 r_{i1} および n が求められる。

ところで2つの過実験において、一定時間 t' における両者の諸量に添字1および2をつけて表わすと式(9)から次の結果を得る。

$$t' = \frac{\mu_1 r_{i1} c_1 V_1 (n_1 + 2)}{(n_1 + 2) P_1 A_1^2} + \frac{\mu_1 R_{m1}}{P_1 A_1} V_1$$

$$t' = \frac{\mu_2 r_{i2} c_2 V_2 (n_2 + 2)}{(n_2 + 2) P_2 A_2^2} + \frac{\mu_2 R_{m2}}{P_2 A_2} V_2$$

従つて、

$$\frac{\mu_1 r_{i1} c_1 V_1 (n_1 + 2)}{(n_1 + 2) P_1 A_1^2} + \frac{\mu_1 R_{m1}}{P_1 A_1} V_1 =$$

$$\frac{\mu_2 r_{i2} c_2 V_2 (n_2 + 2)}{(n_2 + 2) P_2 A_2^2} + \frac{\mu_2 R_{m2}}{P_2 A_2} V_2$$

となる。こゝで第二項の $\mu R_m / PA$ は前述のごとく非常に小であり、両辺の第二項 $\frac{\mu R_m}{PA} V$ なる項は第一項に比して無視しうるので、

$$\frac{\mu_1 r_{i1} c_1 V_1 (n_1 + 2)}{(n_1 + 2) P_1 A_1^2} \div \frac{\mu_2 r_{i2} c_2 V_2 (n_2 + 2)}{(n_2 + 2) P_2 A_2^2}$$

$$\equiv K \quad \dots \dots \dots (13)$$

とおく。汚泥の脱水性を示すために、ある一定時間までのろ液量を比較して、ろ液の多い方が脱水性がよい（もちろん初めの汚泥の含水率が同じである場合に限る）と考えれば、式(13)を用いて、

$$\log V_1 = \frac{\log \frac{n_1 + 2}{r_{i1}} + \log \frac{K}{\mu_1 c_1 / P_1 A_1^2}}{n_1 + 2} \quad \dots \dots \dots$$

$$\log V_2 = \frac{\log \frac{n_2 + 2}{r_{i2}} + \log \frac{K}{\mu_2 c_2 / P_2 A_2^2}}{n_2 + 2} \quad \dots \dots \dots$$

$$\left. \begin{array}{l} \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \end{array} \right\} (14)$$

の比較をすればよいことになる。

今考えている汚泥については、 $r_i = 10^5 \sim 10^8$ [sec²/g]、 $n = 0 \sim 2$ であり、ここで行なつた実験ではろ液量の最大がおよそ 100 [ml] であることを考えると、式(13)を用いて、

$$\frac{K}{\mu c / PA^2} = \frac{r_i V (n + 2)}{n + 2} \div 10^{10}$$

のオーダーと概算できる。実際にこのKの値がどの程度のものになるかはさらに多くの実験を行つて調べてみる必要があるが、本論文ではとりあえず、

$$\frac{r_1 V^{(n+2)}}{n+2} = 10^{10} \quad \dots\dots\dots (15)$$

としておく（もし今後の研究でこの値が変わってきたら、これを補正する方法をとる）。

このように取扱うことによつて一定時間の液量 V は式(14)から次のように決まる。

$$\log V = \log\left(\frac{n+2}{r_1} \cdot 10^{10}\right) \frac{1}{n+2} \quad \dots\dots\dots (16)$$

従つて、脱水性を比較するには、式(16)の右辺の対数をとらないもの、すなわち、

$$F \equiv \left(\frac{n+2}{r_1} \cdot 10^{10}\right) \frac{1}{n+2} \quad \dots\dots\dots (17)$$

の大小をみて判定すればよいこととなつた。図-5は、図-2～図-4に示したものについて、 F 値と r を用いて表現し、比較したものである。

なお F 値の一般的な表わし方としては、

$$F = \left(\frac{n+2}{r_1} \phi\right) \frac{1}{n+2}$$

としてよい。こゝで、

$$\phi = \frac{K}{\mu c / \text{PA}^2} = \frac{r_1 V^{n+2}}{n+2}$$

である。

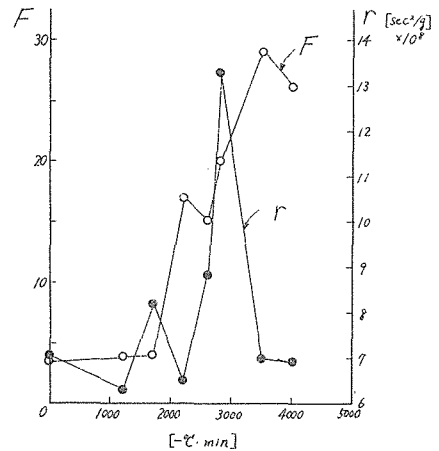


図-5 F と r による脱水性表示の比較

3. 凍結融解による汚泥の脱水性改善の実験

前章で述べたように、脱水性の大小を表わす F 値を用いて、実際に凍結融解させた消化汚泥がどのような過結果を示すかを調べてみた。

3-1 実験装置および方法

低温恒温室（容積：2.5m×1.6m×高さ2.2m，外気温+30℃のとき内部を-15℃に保持できる）内に、腰高ガラスシャーレ（直径8.8cm）またはアルマイト皿（底部径14.4cm，16.4cm）に入れた消化汚泥を化学スタンドにとりつけたリング上に支持し、全周より冷却して凍結させた。一定時間後に取出して、20℃の温水中に容器ごとに入れて融解せしめ、内径98mmのブフナー・フアンネルで吸引ろ過を行つた。この吸引ろ過の装置は図-6に示すようなもので、試験操作では、まずブフナー・フアンネル上に湿らせたNO.50のろ紙をのせ真空ポンプを働かせて密着させた後に、一たんコックを閉じ、100mlの融解汚泥を入れる。次に所定の圧力（-500mmHg；-674g/cm²）に調節した後、コックを用いてろ過を開始する。汚泥がすべてケーキとなり、クラックを生じたと思われるときに吸引ろ過を終了する。この間、グロック内においたメスシリンダーにたまるろ液を各時間ご

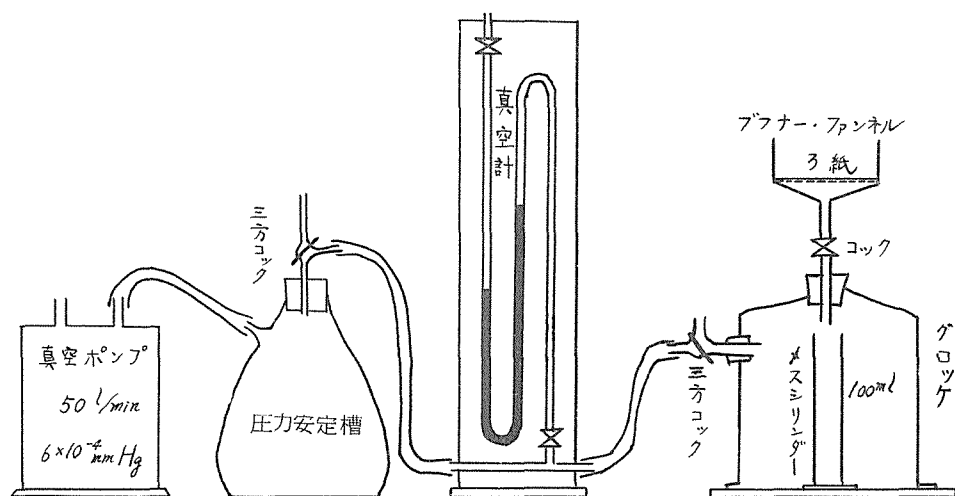


図 - 6 吸引ろ過試験装置

とに脱取る。吸引ろ過終了後、ケーキの容積、重量、固形物濃度、含水率を測定した。

3-2 凍結温度および凍結時間の表示法

凍結融解による汚泥の脱水性改善には、汚泥をまず完全に凍結することが必要である。このことには既にいくつかの報告があつて、不完全な部分的凍結や表面のみの凍結では何の効果もないといわれている。そこでこの低温室内で汚泥からどれだけの熱量が奪われるかということが脱水性改善を考える上で最初の問題となり、しかも最も重要な事項であると思われる。

一般に物体の熱移動に関して、移動する熱量は次式で表わされる。

$$Q = \lambda \cdot \frac{d\theta}{dt} \cdot S \cdot t \quad \dots\dots\dots (18)$$

ここで、 Q : 移動する熱量 [Kcal]

λ : 熱移動に関する定数 [Kcal/cm.min.°C]

$d\theta/dt$: 温度勾配 [°C/cm]

S : 物体の表面積 [cm²]

t : 時間 [min]

凍結融解による汚泥の脱水性がもし Q の関数で表わされるとすれば、

$$\text{脱水性} = f(Q) = f\left(\lambda \cdot \frac{d\theta}{dt} \cdot S \cdot t\right) \quad \dots\dots\dots (19)$$

となる。そこでアルマイト皿とガラスシャーレを用いて、 S 、 $d\theta/dt$ および λ (この場合凍結汚泥の λ は t と θ によつて変わってくるが、これについては規定できない) を一定として、実験によつて t と $d\theta/dt$ を定めようとした。しかし温度測定の場合上汚泥内の $d\theta/dt$ は求めることができなかったのので、低温室内温度と冷却時間を記録することによつて、

$$\text{脱水性} = f(\theta \cdot t)$$

と考えることにした。

低温恒温室内および汚泥内部の温度を、熱電対を用いた電子管式温度記録計によつて測定したものの一例を示すと図-7のごとくである。なお図中の断続部は低温室を開けて汚泥を持込んだことによつて上昇したものである。

従来の研究では「何℃で何時間凍結させた」という表現をとっているが、すべての実験が必ずしも同じ条件（正しく同温度、同時間）でなされとは限らないので、これでは熱移動量を表現する上で適確でない。そこで著者らは θ と t を分けて考えず、凍結温度と凍結時間の積の総和をもつて、その汚泥から奪われた熱量を表わすものとし、単位には $[(-^{\circ}\text{C}) \cdot \text{min}]$

を用いた。こゝで温度としては 0°C 以下の値を有効と考えた。こうした表現によつて実験操作による温度の変動をも考慮に入れることができ、また異なつた温度、異なつた時間での凍結結果についても一括して比較研究することができた。

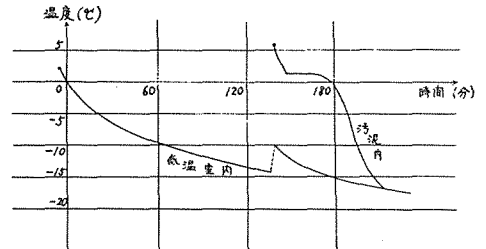


図-7 低温室内と汚泥の温度変化例

3-3 凍結温度と汚泥の凍結状況

従来の研究では汚泥の凍結の際に、極低温で急に凍結させた場合と、徐々に温度を下げた場合とでは、脱水性の改善の效果に差があることを報告している。汚泥層を薄くすると急冷されて瞬間的に凍結されるが、今回の実験ではアルマイト皿を用いたときがこれに近くなる。以下に急冷と称せられるものは、 $-12 \sim -17^{\circ}\text{C}$ に下がっていた周囲温度で凍結させた場合であり、また緩冷とは $+4 \sim +2^{\circ}\text{C}$ より徐々に温度を下げて凍結させた場合である。

汚泥内の温度が 0°C 以下になるまでの凍結温度・時間を示すと、およそ次の通りであつた。

アルマイト皿	急冷の場合	720 $[-^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}]$
ガラスシャーレ	急冷の場合	2250 $[\quad " \quad]$
"	緩冷の場合	1890 $[\quad " \quad]$

たゞしこれは汚泥 100ml に対してである。凍結温度・時間の値がこれ以上にならなければ汚泥は凍結せず、また脱水性の改善もみられない。

4. 実験結果と考察

第2章に記した示標F値と第3章で述べた凍結温度・時間の値とを用いて、消化汚泥の凍結融解による脱水性改善の結果を以下に示し、これについて若干の考察を行つてみる。

4-1 急冷と緩冷の差異

図-8に示すように、アルマイト皿およびガラスシャーレで凍結させた汚泥を比較するといずれの場合も緩冷したものの方が急冷よりも脱水性が良好となつている。こゝでアルマイト皿の方がその差異が大であり、ガラスシャーレではそれほどでないのは、両者の λ の大小によるものであろう。緩冷、急冷ともにアルマイト皿の方がガラスシャーレよりもすぐれていたが、その理由は不明である。

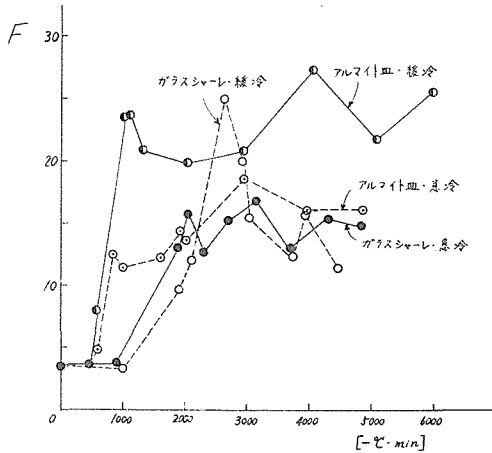


図-8 急冷と緩冷の差異

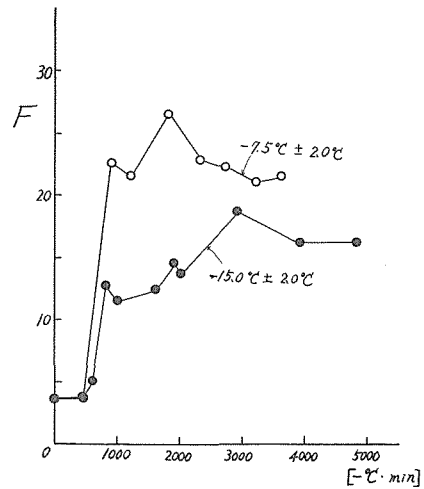
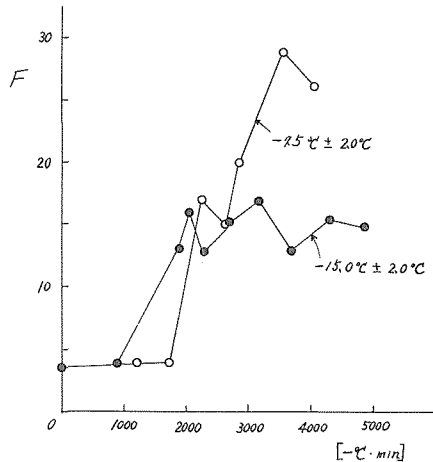


図-9 凍結温度とF値(アルマイト皿)

図-10 凍結温度とF値
(ガラスシャーレ)

4-2 最適な凍結温度・時間の値

図-8から明らかなように、アルマイト皿の場合は凍結温度・時間の値が 1,000 [$^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}$] を越えると脱水性の向上する割合がほとんど止まってしまう。同様にガラスシャーレについては、この点が 2,500 [$^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}$] 付近にあつてそれ以上ではF値が大きくなる。このことから汚泥を凍結させる場合に、凍結温度・時間の値をそれ以上増大させても効果がなく、いたずらに経費と時間がかかるだけであることがわかった。図-9にはアルマイト皿を用いた場合、図-10にはガラスシャーレを用いた場合に温度条件を変えて比較したものであるが、これによつても前記の 1,000, 2,500 という値は同じであることが示されている。なおここで重要なことは、従来凍結温度は低ければ低いほどよい結果

が得られるとされていたが、図-9、図-10から明らかなように、比較的高い温度 (-14°C に対する -7°C) でも長時間かけて凍結温度・時間の値を大きくすることによつて、脱水性はさらに改善されるということである。このことは汚泥の凍結法を実際に適用する場合にきわめて有利な条件である。

4-3 凍結融解の繰返し効果

汚泥の凍結融解を繰返して行うことによつて脱水性改善が顕著となることが報告されている²⁾。特に比較的軽度の低温 (0°C 以下で 0°C に近い温度) で凍結させる場合に繰返しが有効であるという。北海道で実際に屋外で汚泥を凍結させるときに初冬の頃や春先には、日中気温が上昇して夜間に凍結した汚泥が融け出し、夜になると再び凍結するということが繰返される。また厳寒時にも一度凍結し

た汚泥の上に消化槽からほぼ30℃の新しい消化汚泥が流し出されるような場合も考えられ、もしこのような繰返し効果があるならば、実用上有利なわけである。ところがこれを実験したところ図-11のごとく、少しもよい結果が得られなかつた。この結果から推察すると、最後の一回の、完全凍結温度・時間以上の凍結のみが有効であつて、その繰返しおよびそれ以下の値の繰返しは全く無意味であつたと思われる。むしろ融解させないでその時間だけ長く凍結させておく方がはるかに有効である。

4-4 薬品調整との比較ならびに併用

汚泥の機械ろ過の前処理として広く行われている薬品調整と、凍結融解による前処理とのいずれが効果的であるかは、今のところ判定の基準がないので行わない。なぜなら薬品調整による効果と凍結融解による効果とは全く異質のものであつて、F値によつては適正な比較は行えない。この点からも今後さらに研究を進めねばならないと思う。

前処理として $AlCl_3$ を5,000 ppmおよび2,000 ppm (それぞれ汚泥固形物量の2.9および1.2%に相当する)を加えたものをさらに凍結融解させたものについて結果を示すと、図-12のごとくであつた。

またブフナー・ファンネル上の汚泥にクラックが生ずるまでの時間を比較すると、表-1に示すごとくであつた。

この表から明らかにされるように、薬品処理を行つたものを凍結融解させると脱水性がきわめてよくなつた。これは凝集剤添加による汚泥粒子が大きくて強靱であり、凍結処理はろ過開始直後の脱水性が極端によいという両者の特徴が相乗に合った結果と考えられる。

4-5 融解温度の影響

凍結融解による汚泥の前処理では凍結条件が脱水性の改善に支配的な因子であつて、融解条件はそれほど大きな影響を与えないといわれている。実験は常に20℃の温水中に凍結汚泥を容器ごと浸し

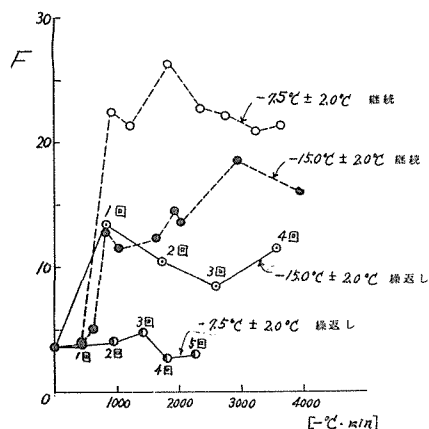


図-11 凍結融解の繰返し

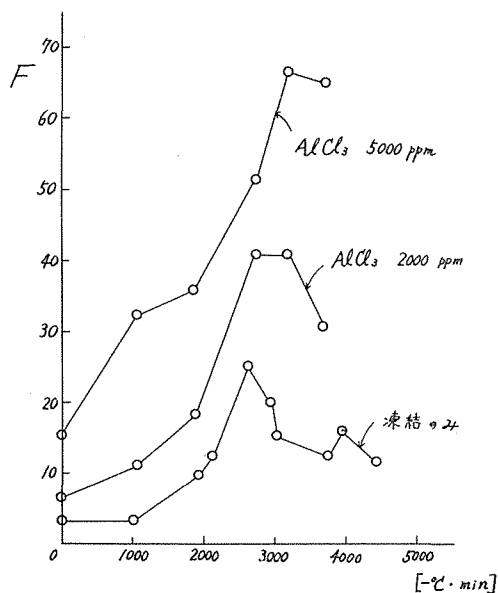


図-12 薬品調整の併用

表－1. 薬品調整との比較

条 件	時 間
前処理なし	2 時間
凍結融解のみ	2 5 ～ 3 0 分
薬品調整のみ	2 0 ～ 2 5 分
薬品調整＋凍結融解	4 0 ～ 1 2 0 秒

て、内部の汚泥が完全にとけるのを待ったが、この融解に要する時間は実施設計上では重要である。もちろん凍結条件によつて融解所要時間に差異はあるが、容器別のおよその値はガラスシャーレについて90分、アルマイト皿について25分であつた。

融解温度を変えた場合に脱水性がどのようになるかについては、表－2に融解後の放置時間の影響と一括して示したが、大差ないことがわかつた。この事実は、次に述べる融解後の放置時間を短かく

表－2. 融解後条件の影響

融 解 後 条 件	F
20℃，即 刻 ろ 過	1 7. 1
50℃，即 刻 ろ 過	1 8. 3
20℃，30分 放 置	1 3. 8
20℃，60分 放 置	1 1. 7
30℃，5時間 放 置	9. 5 5
12℃，15時間放 置	6. 9 8
徐々に，15時間放置	7. 2 1

した方が好結果をうむことと関連して、今後さらに研究する必要がある。

4-6 融解後の放置時間と脱水性の関係

薬品調整を行つた後の汚泥は、放置しておくところ過性能が衰えて行き、前処理効果が減少する。凍結融解の場合もこれとよく似た傾向を示した。その様子を表－2に示す。

このように脱水性は放置時間とともに次第に低下して行くので、融解後はできるだけ早くろ過機にかけることが望ましい。これから考えると一度凍結させた汚泥は融解せずにそのまま保存しておく方が以後の処理のために都合がよいといえる。

5. 結 論

以上の研究結果を要約すると次のようになる。

- (1) 凍結融解による脱水性改善を判定するには、F値なる示標を用いるべきである。
- (2) 凍結温度と時間とは、両者を別々に分けて考えず、凍結温度（－℃）に凍結時間（分）を乗じ

た積をもつて表わすのがよく、この積とF値が関連してくる。

(3) 今回の実験における最適凍結温度・時間はガラスシャーレについて2,500 [$-^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}$], アルマイト皿で1,000 [$-^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}$] であつた。

(4) 凍結させる場合にそれほど低い温度を下げなくても、汚泥がやつと凍結する程度の温度を長時間継続することによつて、低温度に下げた場合と同様な、あるいはより良好な結果が得られる。

(5) 薬品処理を行つた汚泥を凍結融解すれば、その効果はきわめて大となる。

(6) 凍結融解の繰返しは効果がない。一度のみの凍結でやめた方がよい。

(7) 融解方法は脱水性改善に大きな影響を与えない。比較的高い温度で短時間に融解する方が大容量のものを取扱う場合に有利である。

(8) 融解後長時間放置すると折角改善された脱水性がもとへ戻つてしまう。従つて融解後直ちにろ過することが望ましい。

(9) 凍結融解を利用した汚泥処理は、熱移動およびこわれやすさの2点が克服されれば実際の処理に適用されるであろう。

おわりに、試料汚泥の採取にあたり御協力頂いた北海道真駒内団地開発事務所下水処理場の職員諸氏、ならびに実験にあたり種々の援助をいただいた森貞雄、井上一郎、高橋幸作の三氏に深く感謝致します。なお本研究は北海道科学研究費補助金の交付を受けたものであることを付記します。

参 考 文 献

- 1) 久保起；“Fundamental studies on treatment and disposal of sewage sludge.” pp. 129~142 (1961)
- 2) 松本順一郎，遠藤郁夫；“真空ろ過に関する実験的研究Ⅱ” 水協誌 316号 p. 73~ (1961)
- 3) Coackley, P. and Jones, B. R. S. ; “Vacuum sludge filtration I. Interpretation of Results the concept of Specific resistance.” Sewage and Industrial wastes. vol. 28, №8, pp. 963~976 (Aug., 1956)
- 4) 徳平淳，島田英雄；“真空ろ過法によるスラッジの脱水について (I).” 工業用水 32号 (36年5月号) 30~41ページ.