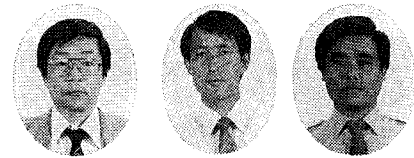


電気浸透脱水機「スーパーフィルトロン®」

Electroosmotic Dehydrator "Super-Filtron®"



技術開発本部
 近 藤 史 朗
 Shiro Kondo
 諏 訪 健
 Takeshi Suwa
 佐 野 滋
 Shigeru Sano

"Super-filtron®" is a newly developed and designed dehydrator using electroosmotic mechanism, which can achieve lower moisture of sludge-cake than in case of applying a mechanical dehydrator and is expected to reduce total running cost of sludge treatment systems especially in potable water treatment plants, sewage treatment plants and waste water treatment plants.

Test result proves that "Super-filtron®" has excellent performance, a lot of technical advantages and economical effects.

まえがき

現在、上水、下水、廃水、生産プロセス分野では、処分費用の増大などの理由から、スラッジの処理は低含水率化が求められている。

そこで、全く新たな観点から脱水機の開発に取組み、界面動電現象の一つである電気浸透現象をスラッジ脱水に応用し、従来の機械脱水では到達できなかった低含水率に脱水することができる電気浸透脱水機「スーパーフィルトロン®」の実用化に成功した。

原理、メカニズムを中心に電気浸透脱水の特長については、既に本誌(1987 Vol. 31 No. 2)で詳しく紹介している。本稿では、実規模大の大型実験装置などによる各種スラッジでの脱水テスト結果から、電気浸透脱水機の脱水性能、特長・経済性などを報告する。

1. 装 置

1.1 フローシート

第1図に電気浸透脱水装置の基本的なフローチャートを

示す。前濃縮装置、薬注装置、直流電源装置および脱水機本体から構成されるが、スラッジ性状などにより、前濃縮装置あるいは薬注装置は省くことができる。

1.2 脱水機標準仕様

第1表に脱水機本体の標準仕様を示す。装置はフィルタープレスで汚室内両面に電極板を設けた構造になっている。汚枠寸法は1 000 mm□と1 500 mm□の2種類がある。

1.3 実験装置

実験装置は次に示すように3種類あり、さらに1種類製作中である。第2表にそれをまとめている。

1) 大型実験装置

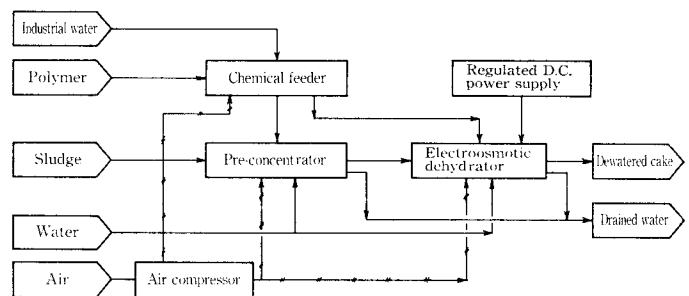
実装置と同じ1 000 mm□の汚枠を持ち、6室からなる汚枠走行式全自動装置である。

写真1に示すように、実験設備は前濃縮装置、薬注装置、電源装置および脱水機本体で構成されている。

本実験装置は、約1年間社内テストを実施後、県市下

第1表 標準仕様一覧表
 Table 1 Standard specification

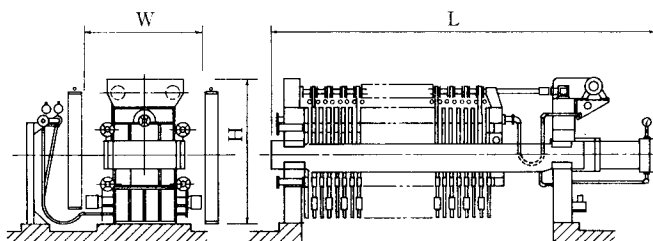
| Type | Number of Chamber | Filtration area m ² | Filtration chamber volume ℓ | Dimensions mm | | | Weight (approx.) kg |
|--------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------|--------|-------|---------------------|
| | | | | W | L | H | |
| S F 1 000 mm | 20 | 30.6 | 362 | 2 000 | 5 650 | 2 200 | 8 700 |
| | 30 | 45.9 | 543 | 2 000 | 7 700 | 2 200 | 11 400 |
| | 40 | 61.2 | 724 | 2 000 | 9 800 | 2 200 | 14 700 |
| S F 1 500 mm | 20 | 74.4 | 898 | 2 650 | 6 150 | 3 100 | 19 500 |
| | 30 | 112 | 1 350 | 2 650 | 8 200 | 3 100 | 22 500 |
| | 40 | 149 | 1 800 | 2 650 | 10 300 | 3 100 | 27 500 |
| | 50 | 190 | 2 240 | 2 650 | 12 400 | 3 100 | 33 500 |



第1図 フローチャート
 Fig. 1 Flow chart

第2表 実験装置一覧表
 Table 2 List of experimental equipments

| Type | Control system | Size | Filtration area | Q' ty |
|-------------|----------------|----------------|---------------------|-------|
| Large size | Full automatic | 1 000 mm□×6Ch. | 9.3 m ² | 1 |
| Middle size | Manual | 800 mm□×2Ch. | 2.0 m ² | 1 |
| Middle size | Full automatic | 600 mm□×4Ch. | 2.2 m ² | 1 |
| Column type | Manual | 95 mmφ | 142 cm ² | 2 |



第3表 上水スラッジ脱水テスト結果

Table 3 Test results of sludge from potable water treatment plant

| Sludge type | Nature of Sludge | | | | | | Test result | | |
|--|------------------|---------|-------------|-----|--------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| | TS % | SS % | VTS %/TS | pH | E.C $\mu\text{S}/\text{cm}$ | SiO ₂ / Al ₂ O ₃ | Cake liquid concentration % | Capacity kgDS/m ² h | Power consumption kWh/kgDS |
| Raw water intake plant sludge (1987. 10) | 28.3 | 27.9 | 10.9 | 6.9 | 736 | 3.06 | 37.8 23.4 | 11.2 8.3 | 0.04 0.22 |
| Potable water treatment plant sludge (1987. 7) | 7.1 | 7.1 | 17.6 | 6.5 | 797 | 1.90 | 55.9 | 6.4 | 0.14 |
| Potable water treatment plant sludge (1987. 7) | 15.1 | 15.0 | 14.7 | 6.6 | 939 | 3.10 | 40.0 | 11.9 | 0.10 |
| Potable water treatment plant sludge (1987. 10) | 5.1 | 5.0 | 23.5 | 6.9 | 781 | — | 55.1 | 2.1 | 0.29 |
| Potable water treatment plant sludge (1987. 9) | 1.42 | 1.39 | 14.1 | 6.7 | — | — | 46.2 | 3.0 | 0.22 |

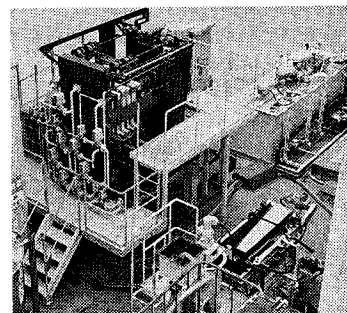
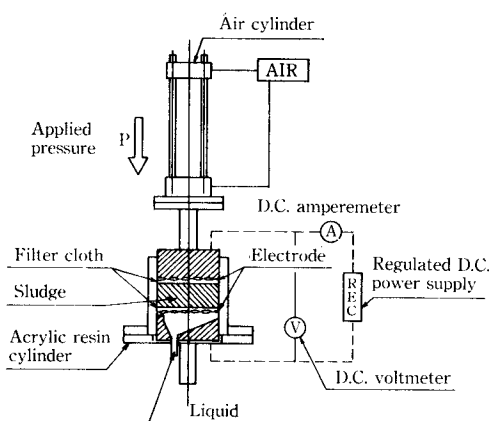
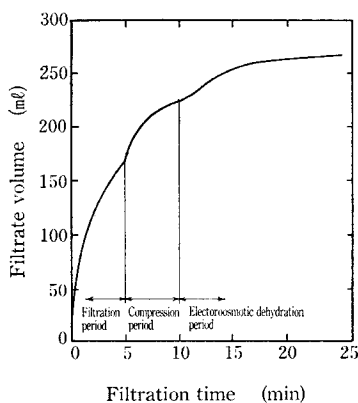


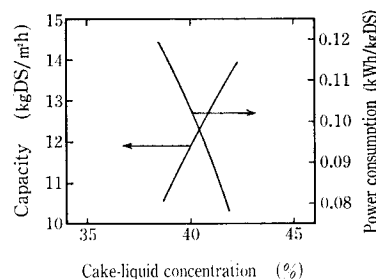
写真1 大型実験装置
Photo.1 Large size experimental equipment



第2図 実験装置
Fig. 2 Schematic diagram of column type experimental equipment



第3図 上水スラッジ沝過性能曲線(例)
Fig. 3 Filtration curve (sludge of potable water treatment plant)



第4図 上水スラッジ沝過性能曲線(例)
Fig. 4 Performance curve of "Super-filtron®" (sludge of potable water treatment plant)

水処理場で、約3カ月間現地テストを実施し、性能などの確認を行っている。

2) 中型実験装置

本装置は800 mm²、2室の手動装置であり、実装置に比べて一回り小さい。小型カラム実験装置での実験結果の確認とカラム実験装置では見極めのしにくい剥離、沝液の清澄性などの判定には都合が良い。

3) 小型カラム実験装置

本装置は第2図に示すような、φ95 mmのカラムを使用した小型の実験装置である。電気浸透による脱水性などの条件の把握に適している。

4) 中型全自動実験装置

本装置は600 mm²、4室からなり、実装置と同様沝布走行式全自動装置であり、現地テストを主目的とし、コンパクトにまとめたものである。

2. 各種スラッジへの適用

電気浸透脱水機「スーパーフィルトロン®」は各種スラッジに適用できる。次に各種スラッジでの脱水テスト結果について述べる。

2.1 上水への適用

2.1.1 特長

- 1) 石灰、高分子凝集剤などによる前処理を行わず、無薬注で脱水することが可能である。このため、前濃縮装置、薬注装置は不要となり、シンプルな装置となる。
- 2) 沝過、圧搾、電気浸透脱水と3段階に別け脱水を行う。

このため、難脱水性のスラッジでも、従来脱水機にない低含水率にまで脱水することが可能である。

- 3) 電気浸透脱水中の発熱効果により、スラッジ中の細菌、雑草種子などは、死滅あるいは滅菌され、農業利用にも適した脱水ケーキとなる。

2.1.2 脱水テスト結果

第3表に上水スラッジの脱水テスト結果を示す。また、第3図には、沝過曲線を示す。

上水スラッジは、一般に強熱減量や、シリカ/アルミ比(SiO₂/Al₂O₃)の値により沝過性を推定できるが、電気浸透脱水においても強熱減量が大きいほど、またシリカ/アルミ比が小さいほど難沝過性の傾向があり、一般の加圧脱水機と同一傾向を示している。ただ、従来脱水機と比較すると難沝過性と思われるスラッジにおいても沝過速度は2 kgDS/m²hと比較的高い性能が出ている。もちろん、第4図に示すように、沝過速度、消費電力量はケーキ含水率の設定により変化し、たとえばケーキ含水率を高く認定すると沝過速度は大きくなり消費電力は小さくなる。

2.1.3 脱水ケーキの農業利用

脱水ケーキを農業利用する場合、環境影響物質の一つと考えられる石灰や高分子凝集剤の使用は、できるだけ避けた方がよいと思われる。

スーパーフィルトロン®による電気浸透脱水の場合、無薬注処理ができ、農業利用には適していると考えられる。

また、脱水ケーキを農業利用する場合には、ケーキ中に

第4表 細菌死滅テスト結果

Table 4 Sterilization test results of germ (Sludge of potable water treatment plant)

| Items | | Feed sludge | Dewatered cake |
|----------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Bacteria | Quantity of bacteria | 9.44×10 ⁸ /g | 4.13×10 ⁸ /g |
| | Kinds of bacteria | multitude | single |
| Hyphomycetes | Quantity of hyphomycetes | 2.01×10 ⁵ /g | 7.32×10 ⁶ /g |
| | Kind of hyphomycetes | many | one |
| Total quantity of fusarium genus | | 1.06×10 ⁴ /g | negative |

存在する細菌類，特に園芸作物病原菌や雑草種子の殺菌が望まれるところである。

殺菌の方法には，脱水ケーキの加熱などがあるが，加熱のための熱エネルギー源が必要であり，コストアップの要因となっている。

一方，電気浸透脱水の場合，含水率の低下に伴う電気抵抗の増加により発熱し，脱水時間の延長によりケーキ温度を80~90℃まで上昇させることができる。この温度上昇を利用し，脱水中に殺菌まで行うことが可能である。このため，余分な殺菌工程は不要となり，ランニングコストも小さく，大きなメリットとなる。

第4表に某取水場スラッジでの細菌死滅テストの結果を示す。園芸作物病原菌として代表的な *Fusarium* は原スラッジに多数存在しており，一般に *Fusarium* は1000/g以上存在すれば農業利用に適さないと言われており，原スラッジは農業利用には適さないものと思われる。一方，電気浸透脱水ケーキからは *Fusarium* は全く検出されなかった。ところが，全細菌数，全糸状菌数は，脱水ケーキの方が原スラッジよりも多数検出された。しかしながら原スラッジでは多種類の菌が検出されたが，脱水ケーキからは，細菌，糸状菌とも，ほぼ種類の菌しか繁殖していないことが判明した。これは，電気浸透脱水時に細菌や糸状菌は一旦死滅し，脱水ケーキは無菌状態となり，脱水後，空気中から一部の菌が付着し，干渉作用のないところで異常に増殖したものと考えられ，このような土壌は農業利用に適しているものと考えられる。

次に第5表に雑草種子の発芽テストの結果を示す。使用した種子は，雑草として代表的なメヒシバとヒメイヌビエの種子を使用し，電気浸透脱水をした場合としなかった場

第5表 雑草種子発芽テスト結果

Table 5 Germination test results of seeds in sludge

| Days | Seed | | メヒシバ | | ヒメイヌビエ | |
|------|-----------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| | Treatment | Dehydration | Non-treatment | Dehydration | Non-treatment | Dehydration |
| 3 | | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| 4 | | 0 (0) | 21 (42) | 0 (0) | 3 (6) | 3 (6) |
| 5 | | 0 (0) | 24 (48) | 0 (0) | 3 (6) | 3 (6) |
| 7 | | 0 (0) | 24 (48) | 0 (0) | 3 (6) | 3 (6) |
| 14 | | 0 (0) | 25 (50) | 0 (0) | 3 (6) | 3 (6) |

Number of germination Rate of germination

第6表 下水汚泥脱水テスト結果

Table 6 Test results of sewage sludge

| Sludge type | Property of sludge | | | | | | | Test result | | |
|--|--------------------|------|----------|-------------------|-----|----------|---------------------|-------------|--------------------------------|----------------------------|
| | TS % | SS % | VTS %/TS | M-alkalinity mg/l | pH | EC μS/cm | Polymer dosage %/DS | Moisture % | Capacity kgDS/m ³ h | Power consumption kWh/kgDS |
| Anaerobically digested sludge | 1.53 | 1.30 | 65.5 | 1 063 | 7.2 | 3 520 | 0.98 | 53.2 | 1.96 | 0.88 |
| Anaerobically digested sludge (Unwashed) | 1.63 | 1.33 | 70.3 | 2 582 | 7.2 | 6 360 | 1.35 | 60.7 | 1.19 | 1.36 |
| Anaerobically digested sludge (Unwashed) | 1.72 | 1.60 | 59.9 | 2 360 | 7.7 | 5 510 | 1.10 | 60.0 | 1.32 | 0.94 |
| Primary sludge | 1.20 | 0.99 | 78.6 | 456 | 5.8 | 2 920 | 1.50 | 50.9 | 1.14 | 1.08 |
| Primary sludge | 2.56 | 2.22 | 80.7 | 346 | 5.5 | 2 150 | 0.68 | 60.0 | 1.42 | 0.92 |
| Primary sludge | 2.56 | 2.22 | 80.7 | 346 | 5.5 | 2 150 | 0.68 | 56.8 | 1.68 | 0.78 |
| Excess sludge | 0.88 | 0.85 | 78.8 | 143 | 6.8 | 440 | 0.65 | 60.0 | 1.78 | 0.72 |
| Excess sludge | 0.88 | 0.85 | 78.8 | 143 | 6.8 | 440 | 0.65 | 60.0 | 1.73 | 0.83 |

合の発芽率を比較した。電気浸透脱水したケーキから取り出した種子は，どちらも全く発芽しなかった。このテストでは，浴室内の温度は，第5図に示す様に60℃以上を約15分間維持していた。

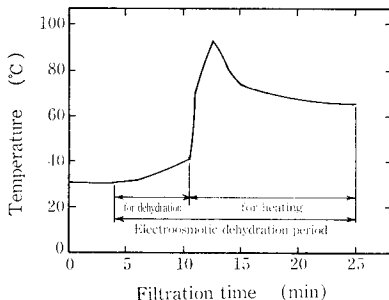
以上のように，電気浸透脱水は，細菌や雑草種子を死滅させることも可能であり，特別な殺菌を目的とした設備は必要なく，脱水ケーキの農業利用に大変有効な脱水手段ではないかと考えられる。

2.2 下水への適用

2.2.1 特長

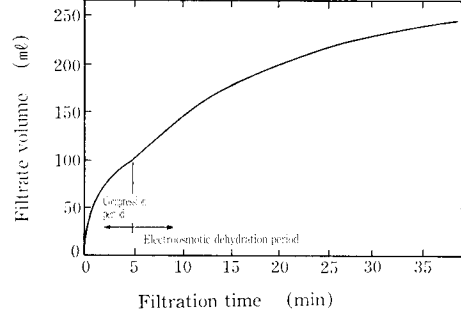
下水スラッジへ適用する場合も，従来脱水方法にない多くの特長をもっており，その主なものを次に列挙する。

1) 生汚泥，消化汚泥はもちろん，余剰汚泥のように従来脱水方法では難脱水といわれる汚泥に対しても，ケーキ含水率を50%程度まで脱水することが可能である。



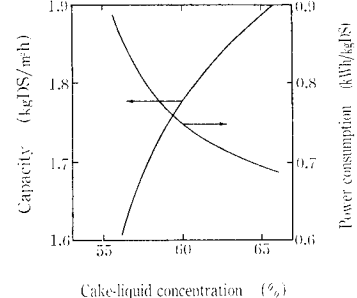
第5図 浴室温度変化(例)

Fig. 5 Temperature profile in the chamber



第6図 下水消化汚泥汚過曲線(例)

Fig. 6 Filtration curve (anaerobically digested sludge)



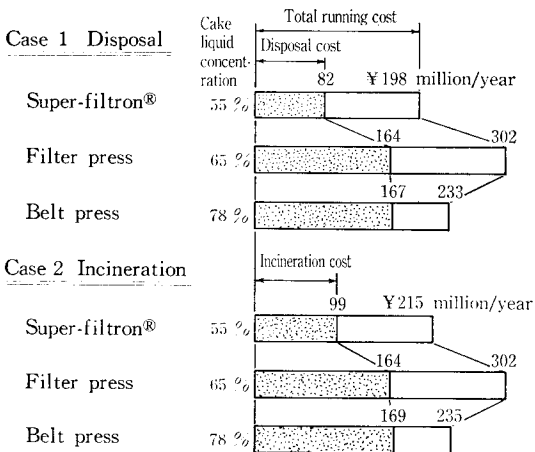
第7図 上水消化汚泥の汚過速度曲線(例)
Fig. 7 Performance curve of "Super-filtron" (anaerobically digested sludge)

第7表 下水汚泥での殺菌効果
Table 7 Sterilization test results of germ

| Item | Quantity of germ | | |
|------------------|---------------------------------|----------------|---------------|
| | Feed sludge (Primary sludge) | Dewatered cake | |
| | | Primary sludge | Excess sludge |
| Escherichia coli | $4.4 \times 10^5/g$ | negative | negative |
| Salmonella | $6.9 \times 10^3/g$ | negative | negative |
| Fungus | $2.8 \times 10^3/g$ | negative | negative |
| Moisture | — | 48.2 | 53.9 |

第8表 産業分野での脱水結果
Table 8 Test results of sludge in industrial fields

| Sludge type | Property of sludge | | | | | | Test result | | | |
|---------------------------------|--------------------|------|----------|--------------------|-----|---------------|----------------------------|------------|--------------------------------|----------------------------|
| | TS % | SS % | VTS %/TS | M. alkalinity mg/l | pH | EC $\mu S/cm$ | Polymer dosage %/DS cation | Moisture % | Capacity kgDS/m ² h | Power consumption kWh/kgDS |
| Sugar plant excess sludge | 2.81 | 2.56 | 72.2 | 1 252 | 7.0 | 3 380 | 0.57 | 51.8 | 1.59 | 0.81 |
| Power plant flocculation sludge | 2.39 | — | 28.5 | 68 | 6.9 | 343 | 0.63 | 70.5 | 2.58 | 0.38 |
| Chemical plant excess sludge | 0.91 | 0.76 | 76.3 | 322 | 7.1 | 2 490 | 1.19 | 56.1 | 1.82 | 0.84 |
| Pigment plant mixed sludge | 7.34 | 6.72 | 42.8 | 856 | 6.8 | 8 700 | anion 0.55 | 50.9 | 4.05 | 0.77 |
| Chemical plant resin sludge | 10.9 | 10.3 | 98.4 | 58 | 6.2 | 2 900 | 0 | 33.1 | 7.46 | 0.40 |
| Chemical plant resin sludge | 7.14 | 5.45 | 78.2 | 291 | 8.5 | 7 400 | 0 | 30.0 | 9.50 | 0.20 |



Sewage sludge.....VSS=60 %
Capacity : 417 kgDS/h Operation : 24 h/d

第8図 ランニングコスト比較
Fig. 8 Running cost

- ほとんどの場合、高分子凝集剤による前処理で処理でき、石灰、塩鉄などは不要となり、ケーキの増量がない。
- ケーキ含水率が低くなり、また任意に設定できるため、脱水ケーキの処分面でのメリットが大きい。
- 電気浸透工程での通電による発熱効果により、スラッジ中の細菌類が死滅あるいは滅菌され、衛生的である。

2.2.2 脱水テスト結果

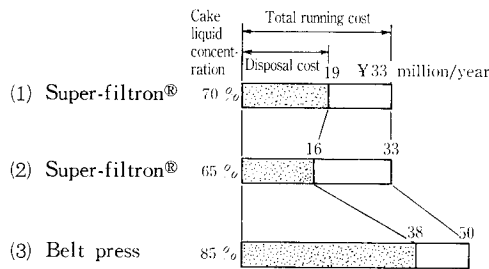
第6表に各種下水スラッジの脱水テスト結果を示し、第6図にはその沝過曲線の例を示す。なお、表中のケーキ含水率、沝過速度、消費電力量は一例であり、もちろん第7図に示すようにケーキ含水率の設定により沝過速度、消費電力量も変化する。

2.2.3 細菌の死滅効果

下水汚泥中には、多数の細菌類が存在している、下水汚泥の場合も、上水スラッジ同様電気浸透脱水すると、発熱作用により汚泥中の細菌類が死滅する。第7表に代表的な細菌の分析結果を示す。大腸菌、サルモネラ菌などは脱水ケーキからはまったく検出されておらず、細菌の死滅効果が十分あるものと考えられ、脱水ケーキは衛生的になっている。

2.2.4 コンポストへの適用

下水汚泥をコンポスト化する場合、電気浸透脱水するとケーキ含水率が50%程度まで低下させることができ、この場合予備乾燥などの前調整が不要となる。また、前項で述べたように、電気浸透工程での発熱効果により、ケーキ中の



Sludge of wastewater treatment plant
Capacity : 80 kgDS/h Operation : 24 h/d

第9図
ランニングコスト比較
Fig. 9
Running cost

細菌類が死滅しているものと思われ、このように無菌状態あるいはそれに近い状態では、生物相互の干渉作用がなく、細菌の増殖が激しくなり、短時間に発酵が進むものと考えられ、現在、これらの効果についても鋭意研究中である。

2.3 産業分野への適用

産業分野への適用を考える場合、次のようなものがある。

- 排水処理施設から排出されるスラッジ
- 工場生産される製品
- 製品を作る時に二次的に発生するスラッジ

この中で(2)の生産プロセスそのものへの適用は、通電による電気分解反応などにより、現状装置のままでは適用範囲が限定されるものとする。そこで、(1)および(3)についての脱水結果を第8表に示す。

(1)、(3)単独、あるいは混合したものでも好結果が得られた。中には(1)、(2)を混合することにより沝過性能が大幅に向上する場合もあった。

3. 経済比較

テスト結果をもとに、ケーキ処分までを含めたランニングコストの比較を流域下水の場合と産業排水の場合について、各々の代表例を第8、9図に示す。

電気浸透脱水の場合、処理方法に合わせてランニングコストが最低となるよう、ケーキ含水率をコントロールすることが可能である。

むすび

以上、電気浸透脱水機「スーパーフィルトロン®」による各種スラッジの脱水テスト結果を中心に、適用性、特長、経済性についてその概略を報告した。スラッジの減容化などで苦慮しておられるユーザーのご参考になれば幸いである。次稿では、さらに詳細にご報告したい。