



Title	電気浸透現象を利用した加圧脱水機
Author(s)	原田, 元; 近藤, 史朗
Description	第2回衛生工学シンポジウム (平成6年11月10日 (木) -11日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 3 有効利用、高度処理、廃棄物処理 . 3-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 2, 95-100
Issue Date	1994-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7591
Type	departmental bulletin paper
File Information	2-3-4_p95-100.pdf



3 - 4

電気浸透現象を利用した加圧脱水機

○ 原田 元 近藤史朗 (神鋼パンテック株式会社)

1. はじめに

浄水場での排水処理においては、処理・処分費の高騰、埋立地確保の困難さなどから、処理スピードの向上と脱水ケーキ含水率の低減化等、脱水技術の重要性が高まっている。また、環境保全や脱水ケーキの有効利用の観点から、無薬注処理を行う傾向にあるが、この場合もろ過速度の大きい、短時間脱水・低含水率化が可能な脱水機を求められている。

当社では、界面動電現象の一つである電気浸透現象に着目し、排水の脱水処理操作に適用したところ、従来の機械脱水方式では達成が不可能であったレベルの低含水率ケーキを得ることに成功した。

ここでは、各地の浄水場排水スラッジの脱水実験や実用化装置の運転から得られた知見の幾つかを報告する。

2. 電気浸透式加圧脱水機の原理

排水中の粒子は多くの場合、 $-10 \sim -40 \text{mv}$ のゼータ電位を持っている。従って、脱水の初期段階では、これら粒子は電気泳動現象により電極の(+)極側に引き寄せられる。この状態を図-1に示した。同時に電極の(-)極側に接するろ布近傍では、図-2に示すように、汚泥粒子は電極の(-)極に反発して、ろ布表面での圧密が無く、ろ液がスムーズに流出している。

ところで、(-)電位を持つ粒子に接している液は粒子と反対の(+)の電荷を持っているが、この荷電範囲は粒子の外表面わずかに数nmの微小範囲(図-3, 図-4に示す斜線範囲)に限られるので、粒子が液体中に懸濁しているままの時には、電気泳動現象により図-3に示すように、粒子は(+)極側に移動するが、液はまだ(-)極側に移動することはない。しかし、排水の加圧脱水処理においてろ過工程が進行し、圧密されてスラッジの移動が不可能になると、粒子径が数 $10 \mu\text{m}$ 程度の個々の粒子間には連続的につながった毛細管状の間隙水が残留することになる。この間隙水は(+)に荷電されているので、このときに、直流電圧が印加されていると、図-4に示すように粒子は圧密状態で移動できないが、(+)に荷電した液のみが(-)極側に移動し、機械力によらない脱水処理が可能となる。

これが、電気浸透現象による脱水のメカニズム

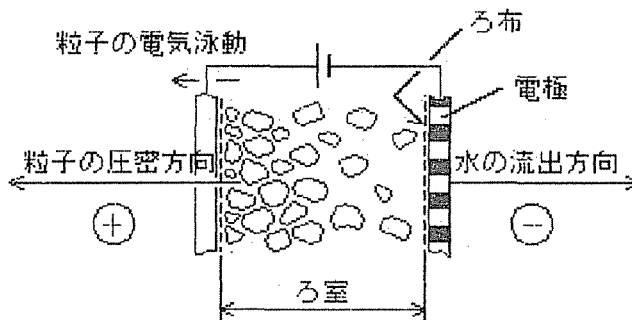


図-1 脱水の初期段階モデル

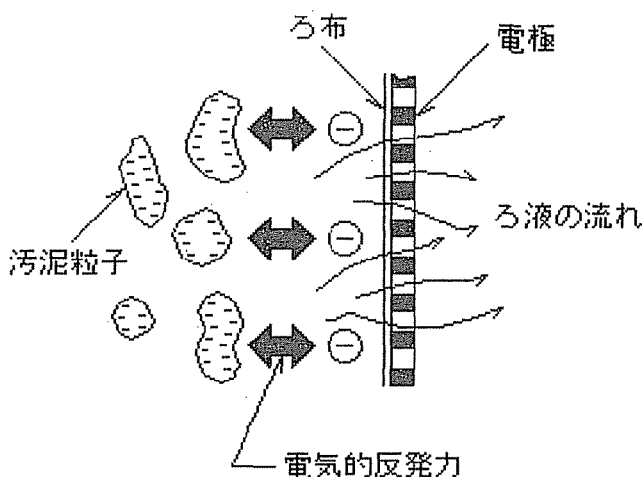


図-2 (-)極付近の反発モデル

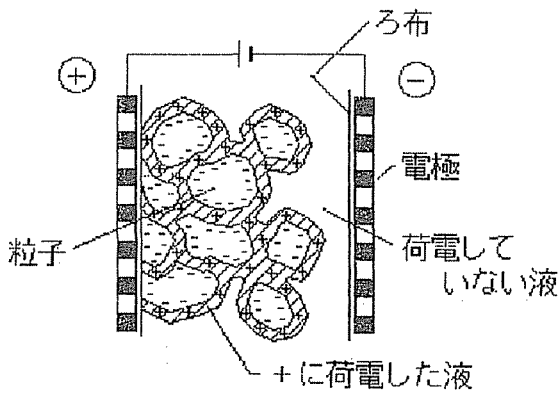


図-3 電気浸透現象の発生する前の状態

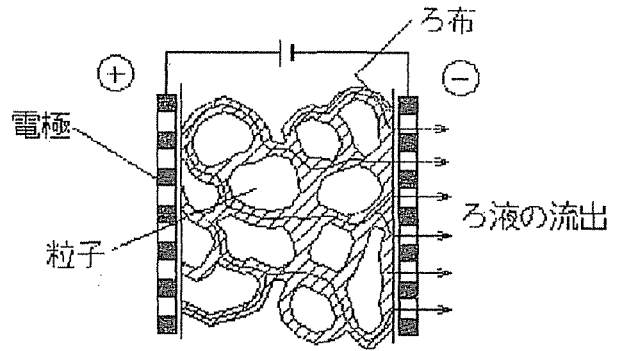


図-4 電気浸透による脱水のモデル

ムであり、圧搾式加圧脱水機では得られなかった低い含水率の脱水処理を可能にした。

3. 実験装置および実験方法

3. 1 実験装置

実験は図-5に示す実規模大の装置（ろ枠有効寸法600mm²×4室；ろ過面積2.1m²）で行った。実験設備は、図-6に示すように空気圧縮装置、スラッジ受槽、スラッジ打込ポンプ、直流電源装置、ろ布洗浄装置と脱水機本体で構成されている。脱水機本体とろ布の材質はポリプロピレン。電極の材質は特殊カーボン、圧搾膜はクロロプレングムである。

3. 2 実験方法

図-5に示す室内に打ち込みポンプによりスラッジを400kpaの圧力で圧入、ろ過する。次いで400kpaの圧力で膨張させた圧搾膜により、スラッジを脱水する。ろ液の流出がほとんどなくなる圧搾行程終了後に40~80Vの直流電圧をスラッジの両面から印加する。

ただし、直流電圧の印加は、スラッジのろ過性が悪い場合には、ろ過工程時から行うこともある。これを図-7運転パターンの通電工程の中では破線で示した。

また、ろ過速度決定のための前提条件について処理能力をろ過速度“kg-DS/m²・hr”で表す場合、処理能力決定の因子として以下の6項目が関係している。

- (1) スラッジ性状
- (2) 葉注条件

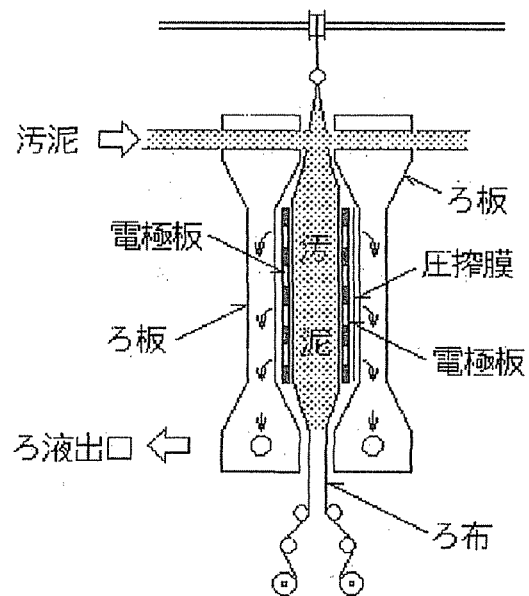


図-5 電気浸透式脱水機構造

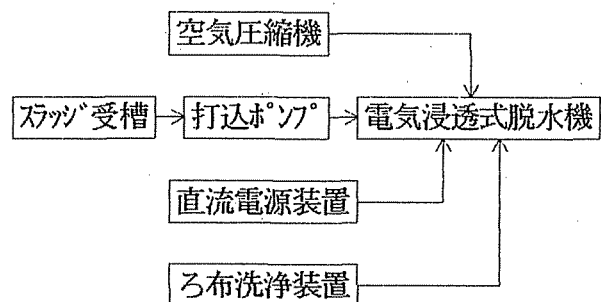


図-6 実験設備

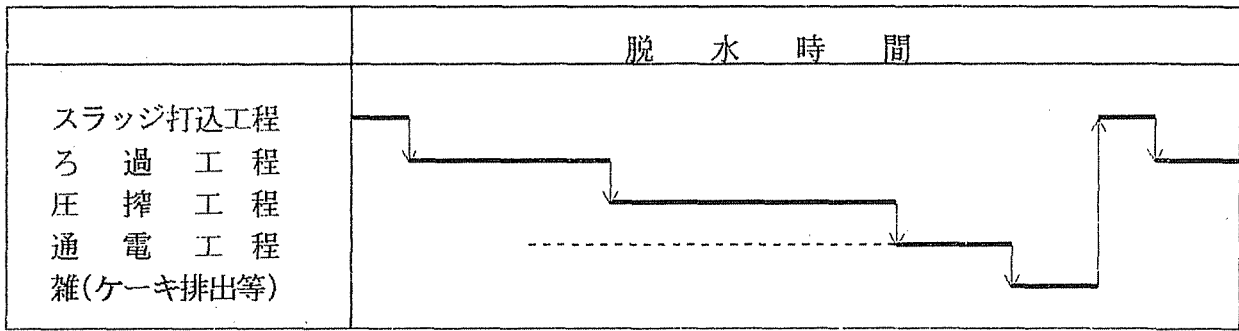


図-7 運転パターン

(3) 脱水手段 (機械)によって決まる因子

- ① 打込圧力・打込方法 ② 圧搾圧力・圧搾方法 (圧力、電気等)

(4) ケーキ含水率(含水率をどこまで低下させるか)

(5) 最終ケーキ厚み

(6) 雑時間の設定 (ろ過、圧搾、通電以外の脱水操作に必要な時間-ろ板の開閉時間、ろ布の洗浄時間等)

この内、(1) は処理対象スラッジが決まると、必然的にある決まった固有値をとり、処理能力も一元的に定まる。ところが(2)~(6)はそれぞれの設定値をいくらにするかで処理能力は大幅に変わる。そこで実験は以下の条件でおこなった。

3. 3 実験条件

- | | |
|---------------|-----------|
| (1) 薬注条件 | 無薬注 |
| (2) 打込圧力・圧搾圧力 | 400kPa |
| (3) 印加電圧 | DC 40~80V |
| (4) ケーキ含水率 | 60 % |
| (5) 最終ケーキ厚み | 約 5 mm |
| (6) 雑時間 | 10 分間 |

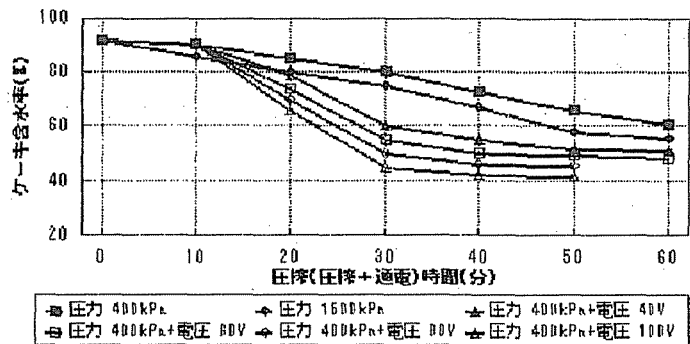


図-8 圧搾時間とケーキ含水率

4. 実験結果と考察

4. 1 スラッジ性状

実験に供したスラッジの性状を表-1に示す。表中D, Eのサンプルは高濁時のものである。

4. 2 電気浸透脱水法によるケーキ含水率の低下

図-8に圧搾時間とケーキ含水率の関係を示す。このテストに使用したスラッジは表-1のE₂スラッジである。またろ過・打込時間は10分で、電気浸透脱水法では圧搾開始と同時に通電を行った。なお、図-8ではろ過・打込終了時点からのケーキ含水率の低下する状態を示す。

圧搾開始10分間は1500kPaの圧力をかけた圧搾方式の場合が最も含水率が低下した。しかし、10分以上経過すると電気を印加したほうが、1500kPaのみの圧搾方式よりもケーキ含水率は低下し、30~40分間で急激に低下した。

電気浸透脱水法では、電圧が高いほど含水率の低下が早く、かつ最終到達含水率も低い。最終到達

表-1 スラッジ性状一覧表

浄水場	スラッジ種類	取水月	スラッジ濃度 (%)	強熱減量 (%)	電気伝導度 $\mu\text{S}/\text{cm}$	SiO_2	Al_2O_3	pH	5 μm 以下粒子含有率 (%)
A	A ₁	4月	3.3	25.7	940	29.7	26.2	6.9	32.6
	A ₂	4月	4.0	25.9	800	29.6	24.3	6.9	43.1
B	B ₁	3月	4.1	24.0	650	30.4	24.2	7.1	43.7
	B ₂	4月	3.1	25.9	571	28.4	28.2	7.0	30.3
	B ₃	5月	4.6	20.7	459	36.0	24.1	7.1	40.7
	B ₄	7月	6.9	32.5	456	30.0	22.1	6.9	62.1
	B ₅	7月	10.0	35.0	583	34.8	22.0	6.6	44.8
C	C ₁	12月	4.0	24.3	643	33.1	15.6	7.0	78.0
	C ₂	2月	4.9	26.2	860	31.4	21.1	8.0	78.0
D	D ₁	2月	5.5	17.7	763	40.9	23.3	6.9	64.0
	D ₂	7月	6.0	21.7	1140	40.0	20.0	7.0	56.0
	D ₃	9月	11.8	11.3	651	43.4	18.2	7.4	68.0
	D ₄	11月	10.7	11.5	532	42.6	20.4	7.2	64.0
E	E ₁	2月	3.8	26.4	879	33.1	19.6	6.9	73.0
	E ₂	7月	5.1	18.7	643	38.3	22.5	7.2	76.0
	E ₃	9月	10.4	15.6	668	42.8	19.7	7.3	72.0
	E ₄	11月	6.9	21.1	550	37.1	19.7	6.9	58.0

含水率は電圧100V, 80V, 60V, 40V, の場合、41.5%, 45.7%, 48.3%, 51.1%となり、圧搾式加圧脱水の圧搾圧力400kPaのときは、本図には示していないが、圧搾開始後80分後に58.1%、圧搾圧力1500kPaのときは、圧搾開始後70分後で54.5%となった。最終到達含水率の判定は、ろ液の出なくなった時点とした。

ケーキの含水率が60%になる時間は圧搾圧力が1500kPaの圧搾式加圧脱水法では47分であるが、電気浸透式加圧脱水法では40V, 60V, 80V, 100Vの印加電圧の場合、30分, 27.5分, 25分, 22分となった。

スラッジ粒子が濃縮され、圧密されてはじめて電気浸透効果があらわれることは原理の項で述べたが、本スラッジの場合この時点は、圧搾・通電開始後15分頃であり、図-8より含水率が85%前後の時である。

4. 3 電気浸透脱水法による、上水スラッジの脱水ケーキ性状

写真-1に圧搾式加圧脱水法による脱水ケーキを(ケーキ含水率56.2%)、写真-2に電気浸透式加圧脱水法による脱水ケーキ(ケーキ含水率42.3%)を示す。



写真-1 圧搾式による脱水ケーキ



写真-2 電気浸透式による脱水ケーキ

含水率45%あたりを境にして、写真で見るようにケーキの形状が著しく異なる。圧力のみで脱水されたケーキは固い一枚の板状になるが、電気浸透により脱水されたケーキは約10mm平方程度の細かい角形状となり、シャベルなどですくいとれるほど取扱の容易な形状になる。

4. 4 ろ過速度

図-9にE浄水場のスラッジ濃度とろ過速度の関係を示す。一般の加圧脱水機と同様に、スラッジ濃度が増加すると電気浸透式加圧脱水機でもろ過速度は上昇する。

図-10に同じくE浄水場での季節の違いによるろ過速度の変化を示す。2月が最も小さく、次に11月そして7月と順に大きくなる。特に9月の高濁時には最大となり、ケーキ含水率を55%にまで脱水する場合でも6.5kg/m²・hとなった。

4. 5 印加電圧とろ過速度、消費電力

図-11に印加電圧とろ過速度、図-12に印加電圧と消費電力量の関係を示す。

図-11より40V~80Vの範囲では印加電圧が高いほど、ろ過速度は大となる。印加電圧が40Vから80Vにアップするとろ過速度は約1.5倍となる。電気浸透理論では、液移動量は流れた電流に比例するので電圧が高いと、その分だけ単位時間に多くの電流が流れ、液移動量も多くなり、ろ過速度も大きくなるものと考えられる。また図-12より印加電圧が高いほど単位固形物量あたりの消費電力量も大きくなる。この理由は、印加電圧が高いほど脱水ケーキの温度が高くなる現象を観察しており、このことから、印加電圧の高いときには電気エネルギーの一部が熱エネルギーとなる割合が大きいため、ロスも多くなり、結果として消費電力

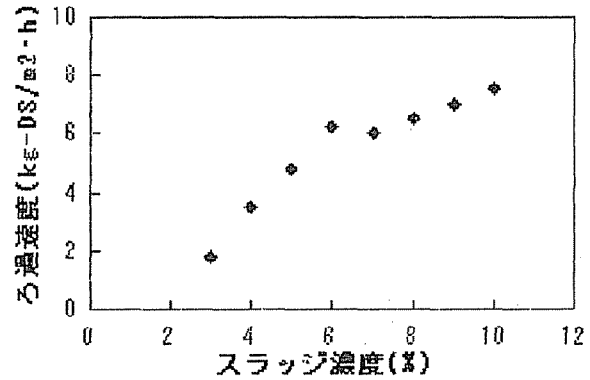


図-9スラッジ濃度とろ過速度の関係

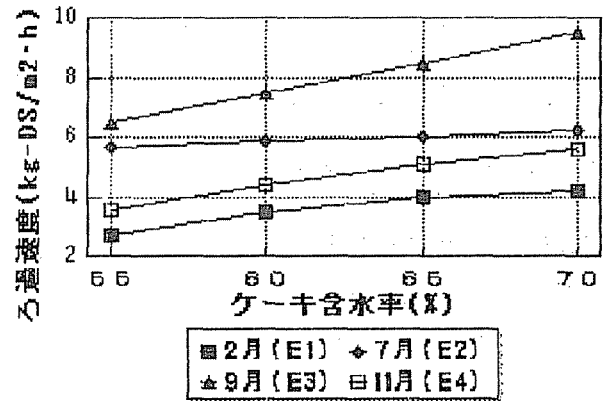


図-10 E浄水場における季節の違いによるケーキ含水率とろ過速度の関係

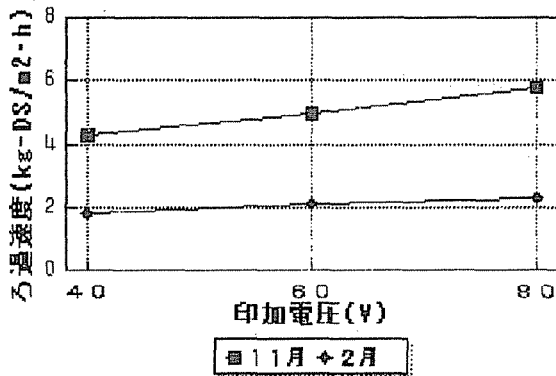


図-11 印加電圧とろ過速度の関係

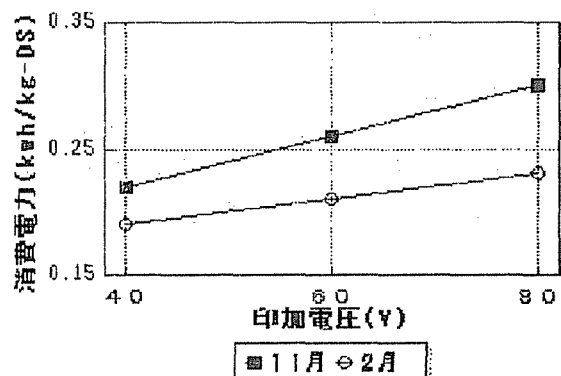


図-12 印加電圧と消費電力の関係

表-2 電気浸透式加圧脱水機と従来方式（圧搾式）加圧脱水機の経済性比較例

		電気浸透式加圧脱水機	圧搾式加圧脱水機	
設計条件	スラッジ処理量	6,800kg-DS/日		
	運転時間	7h×300日/年		
主任様	ろ過速度	1.5kg-DS/m ² ・h	0.5kg-DS/m ² ・h	
	ろ過面積	6800/(7h×1.5)=648m ² 648×1.25(余裕代) 810m ²	6800/(7h×0.5)=1943m ² 1943×1.25(余裕代) 2,430m ²	
脱水機	形式	270m ² ×3台 (1500 [□] ×76室×3台)	810m ² ×3台 (2000 [□] ×110室×3台)	
	寸法	12.9mL×3.0mW×4.0mH	15.8mL×3.5mW×4.5mH	
	重量	58t/台	98t/台	
	圧搾圧力	400kPa	1500kPa	
設備費	機械・電気	0.85	1.0	
	土木・建築	0.75	1.0	
運転費	電力費用	430万円/年	290万円/年	
	消耗品	ろ布	340万円/年	660万円/年
		ダイヤフラム	1,140万円/年	2,310万円/年
		その他	600万円/年	1,200万円/年
	投棄処分費	ケーキ発生量	ケーキ含水率:60% (6.8/0.4)×300日 =5,100t/年	ケーキ含水率:65% (6.8/0.35)×300日 =5,829t/年
		投棄費	¥7,000/t×5,100t/年 =3,570万円	¥7,000/t×5,829t/年 =4,080万円
	合計	6,080万円/年	8,540万円/年	

量が大きくなると考えられる。

5. 加圧脱水機との比較

電気浸透式加圧脱水機と従来最もよく使われている圧搾式加圧脱水機との性能及び経済性の比較を表-2に示した。条件は無薬注脱水で、浄水量250,000m³/日の浄水場をモデルに試算したものである。なお、運転費には人件費は省かれている。

6. まとめ

電気浸透式加圧脱水機を上水スラッジの脱水に適用し、以下の知見を得た。

- 1) 電気浸透方式は、圧搾方式に比べて難脱水性の冬季スラッジの場合薬10%以上ケーキ含水率を低減させることが出来る。
- 2) 難脱水性の冬季スラッジを含水率60%にまで低下させるに必要な時間は、電気浸透式では圧搾式の約50%である。
- 3) 電気浸透式では電圧が高いほど短時間でケーキの含水率は低下し、かつ最終到達含水率も低い。
- 4) スラッジ濃度が高いほど、大きなろ過速度が得られる。
- 5) 40~80Vの範囲で、印加電圧が高いほどろ過速度は大きくなる。
- 6) 40~80Vの範囲で、印加電圧が高いほど消費電力量は大きくなる。

参考文献:

- 1) Heath L.W.(1985): "PED:Pressurized Electroosmotic Dewatering", US DOE Rep.No.IS-T-1223
- 2) 近藤史朗,佐野 滋: "電気浸透脱水機", 神鋼フアウドラ-技報, 31 (2) 1~6 (1987)
- 3) 近藤史朗,佐野 滋: "電気浸透式加圧脱水機による浄水スラッジの脱水", 水道研究発表会講演要旨, 252~254(1989)