

1. はじめに

近年、国内において下水道普及率の向上や処理水質の高度化に伴い、水処理プロセスから発生するスラッジ量は年々増加している。一方、脱水ケーキの投棄場所の確保やコストなどの問題により、スラッジの処理・処分は重要な課題となっている。しかし、従来の圧力や遠心力などの機械的な力による脱水技術では、十分な脱水効果と処理速度を上げることは難しい。そこで弊社では、界面導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、電気エネルギーにより液移動を起こすことによってスラッジの含水率を、従来の機械脱水では達成困難なレベルまで脱水することに成功した。その結果は、従来の加圧脱水法と比較してかなりの処理能力の向上がみられたので、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

一般に、スラッジ粒子の表面は、マイナス電荷を帯びている。従って脱水工程の初期段階では、Fig. 1 に示されている電気泳動現象より、スラッジ粒子が+極側に引き寄せられ、それと同時に一極側の汙布近傍においてスラッジ粒子は反発されるため、圧密が防げ汉過が促進される。そして粒子に接している水は、粒子と反対符号のプラスの電荷を持つ（荷電している範囲は、粒子表面より数nm離れた微少部分である）。従って粒子が懸濁している状態では、電気泳動現象によって粒子は動くが、液移動はない。しかし、さらに脱水工程が進むと、Fig. 2 に示されているようにスラッジ粒子の移動が拘束されるようになるため、粒子間に存在する毛細管中の水は、プラスに帯電し連続的につながった状態になる。この状態で直流電圧を印加すると粒子の移動は拘束されているため、プラスに帯電した水が、電極の一極側に引き寄せられて移動する。この過程が、電気浸透現象である。つまり脱水工程後半に、圧搾圧力だけでは移動が困難な粒子間の間隙水に対して、この作用が効果を発揮し、脱水処理速度の向上と脱水ケーキの低含水率化が可能となった。

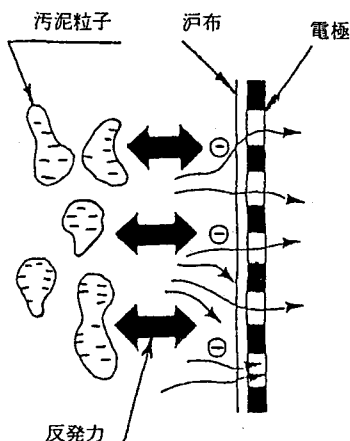


Fig. 1 (-)極付近の反発モデル

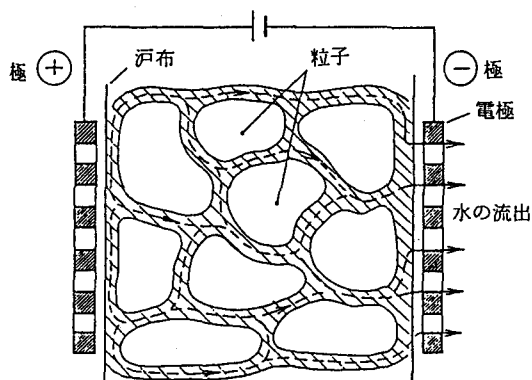


Fig. 2 電気浸透加圧脱水モデル

Table.1 浄水場におけるスラッジ性状

浄水場	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 以下の 粒子含有率
A	5月	4.6	20.7	459	36.0	24.1	7.1	40.7
B	2月	4.9	26.2	860	31.4	21.1	8.0	78.0
C	2月	5.5	17.7	763	40.9	23.3	6.9	64.0
D	11月	5.1	18.7	643	38.3	22.5	7.2	76.0

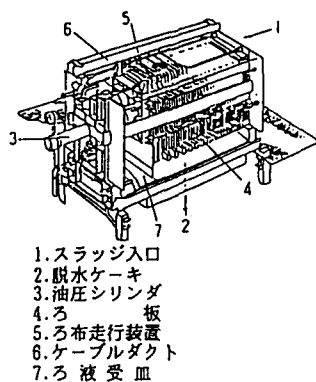


Fig. 3 電気浸透加圧脱水機

3. 実験装置及び方法

Fig. 3に電気浸透式加圧脱水機を示した。この装置はFig. 4の装置内部構造に示されるように、ろ枠内の普通板(a)及び圧搾膜(b)上に電極板(c)を設置し、ろ布(d)を介するろ枠内に圧入されたスラッジに対し、圧搾膜(b)を空気圧で膨張させる。その後電極板(c)に40V程度の直流電圧を印加することにより、圧搾・成形されたケーキ内に含まれる水分に対して、低圧力と電気浸透現象を併用して、液移動を起こし脱水を促進する。脱水ろ液は、ろ布(d)及び電極板(c)を介し、普通板(a)及び圧搾膜(b)上の水路を経て、ろ液出口(e)より各ろ室のろ液と合流して、系外に排出される。実験方法は、スラッジを打ち込みポンプにより、Fig. 4に示されたろ室内に $4\text{kgf}/\text{cm}^2$ の圧力で圧入、ろ過を行った。そして次に同様の圧力で膨張させた圧搾膜により、更に脱水を行った。また、直流電圧(40~100V)は圧搾工程開始と同時にスラッジの両側より印加し、最終的なケーキの状態は含水率を、約60%になるように設定した。なお実験は、Table. 1に示した各種の浄水場のスラッジを使用し、無葉注で行った。

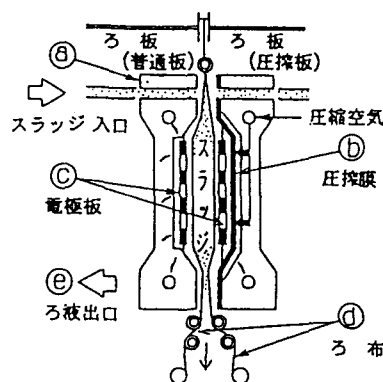


Fig. 4 装置内部構造

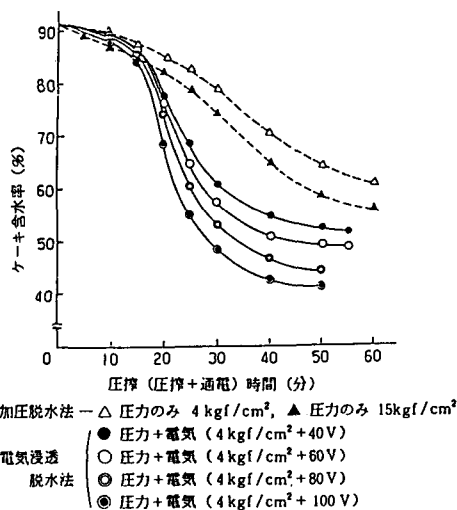
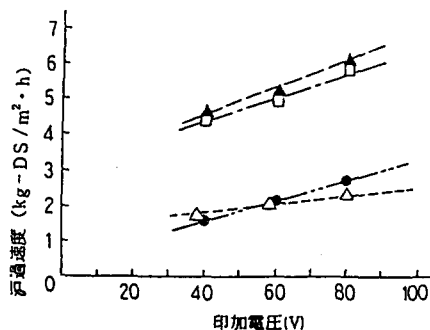
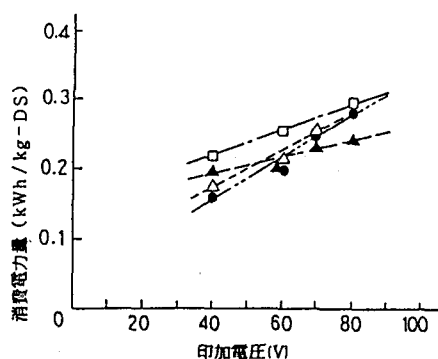


Fig. 5 圧搾（通電）時間とケーキ含水率の関係



● : A - 5月, △ : B - 2月, ▲ : C - 2月,
□ : D - 11月,

Fig. 6 印加電圧と汙過速度の関係



● : A - 5月, △ : B - 2月, ▲ : C - 2月, □ : D - 11月

Fig. 7 印加電圧と消費電力量の関係

4. 実験結果及び考察

Fig. 5は、圧搾（通電）開始後のケーキ含水率の経時変化を示した。実験に使用したスラッジは、Table. 1に示されたEである。また、汙過・打ち込み時間は10分で行い、電気浸透加圧脱水法では圧搾開始と同時に通電を行った。圧搾開始15分までは、圧力のみ(15kgf/cm²)が最も含水率が低くなった。しかし、15分以上経過すると通電を行った方が、圧力のみと比較して含水率が早く減少する傾向がみられ、30分後まで急激に低下した。電気浸透式加圧脱水法は印加電圧が高いほど、含水率が早く減少し、最終的な含水率も低くなった。ケーキ含水率が60%に達する時間は、圧力のみ(15kgf/cm²)の加圧脱水の場合、47分かかるのに比べ、電気浸透加圧脱水では電圧40V, 60V, 80V, 100Vにおいて、それぞれ30分, 27.5分, 25分, 22分であった。従って電気浸透加圧脱水法は、加圧脱水法と比較して短時間で容易に目標ケーキ含水率に到達できる事が判った。

Fig. 6にケーキ含水率60%における印加電圧と汉過速度の関係を示した。印加電圧が高くなるにつれて、汉過速度が上昇した。電気浸透理論における液移動量は、流れた電流に比例することから、電圧が高くなると単位時間内に多くの電流が流れ、汉過速度が上昇した。また印加電圧80Vにおける汉過速度は、40Vの結果と比較して、約1.5倍となった。

Fig. 7は、印加電圧と消費電力量の関係を示した。印加電圧が高くなるに従って、単位固形物量当たりの消費電力量が多くなった。この理由として、実験では印加電圧が高いほど脱水ケーキの温度が高くなる傾向が得られていたことから、徐々に電気エネルギーの一部が熱に変化する割合が大きくなるために、消費電力量が多くなると考えられる。

5. まとめ

- (1) 電気浸透式加圧脱水法は、従来の加圧脱水法と比較して、汉過速度が大幅に向上し、最終的なケーキ含水率をかなり低くすることができた。また同じ含水率に達するのに、短時間で済むことが確認できた。
- (2) 印加電圧が高いほど短時間で含水率を減少させることができ、最終的なケーキ含水率も低下した。以上のことから電気浸透加圧脱水法は、運転時間の短縮、処理能力の向上などが達成できると言える。
- (3) 印加電圧が高くなるに従って、単位固形物量当たりにおける消費電力量が多くなった。

<参考文献>

- 1) 近藤史朗、鈴木英晴、佐野滋 “電気浸透式加圧脱水機による上水スラッジの脱水実験”
工業用水 No. 386, 41-48 (1990)
- 2) 近藤史朗、鈴木英晴、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(Ⅱ)”
第42回全国水道研究発表会 244-246 (1991)