

九州大学工学部 正員 栗谷陽一

九州工業大学 正員 ○藤崎一裕

## 1. まえがき

加圧脱水操作は、スラリーを一定圧力で容器内に圧入濾過する圧入操作と、生成したケーキをさらに高圧で圧搾する圧搾操作とに分けて取扱われる。これらの操作は、その操作の対象となる原料の種類と性質とに変化が多いために、一般的に利用できる理論は見出されていない。この操作の圧入過程には定圧濾過の理論が、また圧搾過程には土質力学における圧密の理論が、それぞれその解析に利用されている。筆者らは、これらの従来の手法をさらに進めて、ケーキの圧縮変形を考慮し、加圧脱水過程のより一般的な検討を試みた。すなわち、圧縮によるケーキ空隙率の変化によって生じるケーキ内の個々の部分における透水係数の減少をとり入れに式を導き、えられた式を用いて、脱水速度過程の数値計算を行なった。

## 2. 加圧脱水過程の計算式

脱水槽内の濾液の圧力勾配と流速との間にDarcyの式が成立するものとする(1)式がえられる。

$$q = -\frac{\kappa}{\mu} \frac{dP}{dx} = \frac{\kappa}{\mu} \frac{dP}{dx} \quad (1)$$

ここで、 $q$ : 固体粒子基準の濾液の空塔速度、 $\mu$ : 濾液の粘性係数、 $x$ : 脱水面からの距離、 $\kappa$ : (1)式で定義される透水係数、 $P_c$ ,  $P_s$ は濾液およびケーキ粒子の分圧である。濾液およびケーキ粒子に対する連続の式は

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial(1-\varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial R}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

となる。ここで $\varepsilon$ : 空隙率、 $q$ : 濾液の空塔速度、 $R$ : ケーキ粒子の移動速度(空塔)、 $t$ : 脱水時間である。

(1), (2)式は(3)式で定義されるケーキ固体質量 $w$ を用いて(4), (5)式に変換される。

$$w = \int_0^x (1-\varepsilon) \rho_s dx \quad (\rho_s: \text{ケーキ固体粒子の密度}) \quad (3)$$

$$q = \frac{1}{\mu \alpha_x (1-\varepsilon) \rho_s} \frac{dP_s}{dw} \quad (\alpha_x = 1 / \{ \kappa (1-\varepsilon) \rho_s \}) \quad (4)$$

$$\frac{1}{\rho_s} \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial \theta}{\partial w} = 0 \quad (\theta = \varepsilon / (1-\varepsilon)) \quad (5)$$

空隙率と透水係数との間にKozeny-Carmanの式(6)が成り立つものとし、ケーキの圧縮圧と空隙率との間にはSperry型の実験式(7)を仮定する。

$$\kappa = 1 / \{ \alpha_x (1-\varepsilon) \rho_s \} = \varepsilon^3 / \{ k_0 S_v^2 (1-\varepsilon)^2 \} \quad (S_v: \text{ケーキ粒子の比表面積}, k_0: \text{定数}) \quad (6)$$

$$\varepsilon = a (P_s / P_0)^{-b} \quad (a, b, P_0: \text{定数}) \quad (7)$$

(4), (5)式から(8)式がえられる。この(8)式に(6), (7)式を代入したものが、ケーキ固体質量を基準とした、脱水過程の進行にともなう固体分圧の変化を表わす式である。

$$\frac{\partial P_s}{\partial t} = -\frac{\rho_s}{de/dP_s} \frac{\partial \theta}{\partial w} = -\frac{\rho_s}{\mu} \frac{dP_s}{de} \frac{\partial}{\partial w} \left( \frac{1}{\alpha_x} \frac{\partial P_s}{\partial w} \right) = -\frac{\rho_s}{\mu} \frac{dP_s}{de} \frac{1}{\alpha_x} \left\{ \frac{\partial^2 P_s}{\partial w^2} - \frac{1}{\alpha_x} \frac{d\alpha_x}{dP_s} \left( \frac{\partial P_s}{\partial w} \right)^2 \right\} \quad (8)$$

## 3. 計算例

(8)式を無次元化して整理した後、Eularの前差分法により数値解を求めた。図1Aは圧入圧3 kg/cm<sup>2</sup>,

圧搾圧  $15 \text{ kg/cm}^2$ 、ケーキ粒子の表面積平均径および密度とそれぞれ、 $0.3 \mu$ 、 $2.6 \text{ g/cm}^3$  として脱水時間  $t$  (分) と脱水量  $Q$  (cc) との関係と求めたものである。圧入時間を種々変化させて脱水操作を行なった場合と想定したもので、実線が圧入による脱水、点線が圧搾による脱水を表わす。B、C は実測値の一例である。図によると、実測値の方が圧入が進行しても脱水速度が大きい傾向があるが、これは計算時にケーキの圧縮性を過大に仮定したためと考えられる。

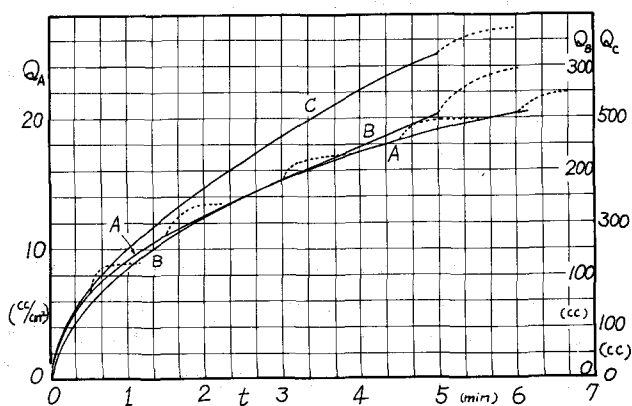


図 1

図2は圧搾操作の場合について、(8)式を線形

$$\frac{\partial P_s}{\partial t} = C_p \frac{\partial^2 P_s}{\partial w^2} \quad (9) \quad C_p: \text{定数}$$

とした場合(Ⅱ、Ⅲ)と、(8)式をそのまま計算した結果(Ⅰ)とを比較したものである。 $U_c$  は平均圧縮比とよばれ、時刻  $t$  における圧搾距離と最終圧搾距離との比である。図2によると(9)式による値は、(8)式のものに比べて、圧搾の初期に脱水が速く、逆に末期には脱水がおくれないという結果が出ている。これは(8)式の  $dP_s/dt$  を定数とみなしたこと起因している。以上のことから、加圧脱水過程の計算においては、(9)式のような取扱いは無理があり、ケーキの圧縮にともなう空隙率の変化の様子を詳細に測定することが重要であるといえる。

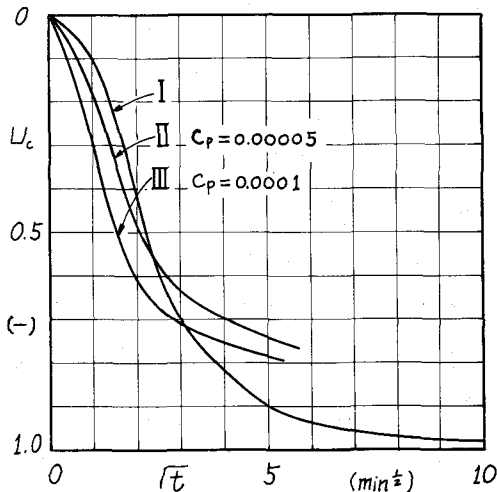


図 2

図3は、この計算法の一例として、圧入時間と圧搾時間とを変えて、単位時間あたりの処理固体量を求めてみたものである。図から、圧搾時間( $T_{sp}$ )、圧入時間( $T_w$ ) の変化に対応する固体処理量の増減の様子を知ることができる。実際の脱水操作においては、ケーキの除去などのための無駄時間を考慮する必要があるが、本報で述べた計算法が、加圧脱水の操作上の解析にも利用できるという一例を示した。

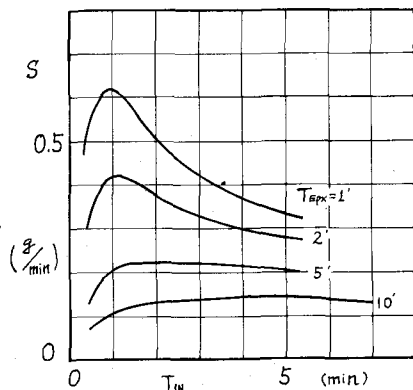


図 3

#### 参考文献

- 1) 白戸：圧搾操作，最近の化学工学，(1967)，p.150
- 2) 白戸，村瀬，加藤，深谷：スクリーを定圧圧搾分離，化学工学，31巻，11号 (1967)，p.125
- 3) 粉体工学ハンドブック (西村昌編，朝倉書店) p.596