

まえがき. 逆流時過池の逆流時の最適膨張比の決定, 最適逆流操作などについては未だ未解決の部分が残っていて, 逆流時の粒子の挙動, フロックスの排出機構などの究明が求められている. 著者らはさらに, 流動層内の洗浄水の流速変動スペクトル測定などにより流動層の研究を行ってきたが¹⁾, 膨張時あるいは洗浄開始時点での流速測定は困難であるなど, 流動層解明にあたっては流速測定の外にも種々の計測手段による検討が要求されるよう. ニニでは層内の圧力変動の測定も, 流動層解明の有力な手段と考えて, ニニについての測定およびえられた圧力変動のスペクトル分布について若干の考察を行ったものである.

1. 実験. 逆流時複層過池の境界部の波打ちなどから考えて, 実際池の粒子の流動は必ずしも均一ではなく, ある周期をもつ変動も生じていることが考えられ, 図-1のように砂層に滞流が生じて, ニの縮模様が上昇してゆくいわゆるスラギング現象に近い現象も生じていることが考えられる. したがって, ニニではスラギング状態から均一の流動状態までを含めた現象を対象として, 管壁の影響など種々の問題点はあるが一応スラギングが生じ易く, 循環流の生じにくい小径の3塔を用いた. ニニでは3塔は径2.85cmのアクリル筒, 3材は密度248g/cm³, 粒径1.02mmのガラス球, 流体は水とした. 圧力は図-1のa点の圧力変動及びab間の差圧変動を圧力変換器で測定記録した. 圧力変換器の検定結果を図-2に示す. ニニは3塔に連結したピペットから0.02mlずつの水を排出し, 3塔内の水位上昇(0.02mlで0.0314mmの上昇)をペン書きオシロに記録した結果である. また, シリコンオイルと封入した受圧部を木につけ僅かな衝撃を加えてその上りの時間を調べ約1/790~1/1800 secをえた. ニニより変換器の精度は逆流現象の圧力変動の把握に十分であると考えた.

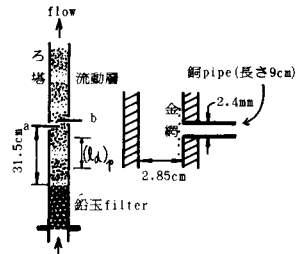


図-1. 実験装置の概略図

2. 実験結果と考察. (2-1) スペクトル分布の計算. データレコードに記録したa点の圧力変動およびab間の差圧変動を $\Delta t = 1/300$ secのきざみで1024個サンプルし, 最大エントロピー法²⁾によってスペクトル分布を計算し, ニニの30回の算術平均をもって各膨張率ごとのスペクトル分布曲線と求めた. 記録したデータには建物等の振動雑音が入っており(そのスペクトル分布の1例を図-3のnoiseに示す), 低周波除去のために最小二乗法によるトレンドの除去操作³⁾を行った. また最近, 北村・金子の提案したDNP処理⁴⁾:
$$DNP = \int_{-\infty}^{\infty} S(f) df / \sigma^2 - 1 \dots (1)$$
 (σ^2 : 変動の分散, $S(f)$: スペクトル分布)を算定し, $10^4 \sim 10^5$ 程度の値でほぼ0に近いので, ニニのスペクトル分布の算定は十分な精度をもつといえる.

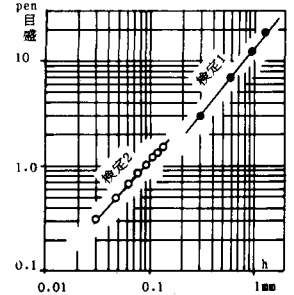


図-2. 水位上昇とペン書きの振出し

2. 実験結果と考察

(2-1) スペクトル分布の計算. データレコードに記録したa点の圧力変動および

ab間の差圧変動を $\Delta t = 1/300$ secのきざみで1024個サンプルし, 最大エントロピー法²⁾によってスペクトル分布を計算し, ニニの30回の算術平均をもって各膨張率ごとのスペクトル分布曲線と求めた. 記録したデータには建物等の振動雑音が入っており(そのスペクトル分布の1例を図-3のnoiseに示す), 低周波除去のために最小二乗法によるトレンドの除去操作³⁾を行った. また最近, 北村・金子の提案したDNP処理⁴⁾:
$$DNP = \int_{-\infty}^{\infty} S(f) df / \sigma^2 - 1 \dots (1)$$
 (σ^2 : 変動の分散, $S(f)$: スペクトル分布)を算定し, $10^4 \sim 10^5$ 程度の値でほぼ0に近いので, ニニのスペクトル分布の算定は十分な精度をもつといえる.

(2-2) 結果. 表-1に実験条件, 図-3,4に圧力変動及び差圧変動(ともに水頭に変換)のスペクトル分布を示す. 次に表-2は図-4のスペクトル $Y = S_{dk}(f)$ のピーク値 Y_p とその周波数 f_p を示す. ニニの結果より次のことがわかる.

①スペクトルには周波数1.8(1/sec)付近にかなり顕著なピークが現れる. ニニは図-1に例示するスラギングの周波数で肉眼の測定でもこの周波数はほぼ確認される. ②このピークは図-3より図-4(または表-2)の方が膨張率の増大につれて減少しながらも残っていて, 差圧変動の測定の方がスペクトルの測定について正確な値がえらけるのではなかと考えられる. ③圧力変動の場合の局所等分性⁵⁾を示す $1/3$ 準則が成立する部分が存在し, その範囲はほぼ周波数7~30 Hzとなる. なおニニの値は著者らがさらに求めた流動層(

①スペクトルには周波数1.8(1/sec)付近にかなり顕著なピークが現れる. ニニは図-1に例示するスラギングの周波数で肉眼の測定でもこの周波数はほぼ確認される. ②このピークは図-3より図-4(または表-2)の方が膨張率の増大につれて減少しながらも残っていて, 差圧変動の測定の方がスペクトルの測定について正確な値がえらけるのではなかと考えられる. ③圧力変動の場合の局所等分性⁵⁾を示す $1/3$ 準則が成立する部分が存在し, その範囲はほぼ周波数7~30 Hzとなる. なおニニの値は著者らがさらに求めた流動層(

①スペクトルには周波数1.8(1/sec)付近にかなり顕著なピークが現れる. ニニは図-1に例示するスラギングの周波数で肉眼の測定でもこの周波数はほぼ確認される. ②このピークは図-3より図-4(または表-2)の方が膨張率の増大につれて減少しながらも残っていて, 差圧変動の測定の方がスペクトルの測定について正確な値がえらけるのではなかと考えられる. ③圧力変動の場合の局所等分性⁵⁾を示す $1/3$ 準則が成立する部分が存在し, その範囲はほぼ周波数7~30 Hzとなる. なおニニの値は著者らがさらに求めた流動層(

表-1 3速 V_0 (cm/sec)と膨張率E(%)

exp	1 ($L_0 = 20.0$)		2 ($L_0 = 27.5$)		3 ($L_0 = 27.5$)	
run	V_0	E	v_0	E	v_0	E
1	1.64	20	1.59	24	1.87	32
2	2.52	40	2.18	40	2.72	55
3	3.32	60	2.80	60	3.14	67
4	3.73	80	4.37	115	4.01	98
5	4.34	100	3.72	90	4.36	109
6	5.02	120	4.86	147	5.64	171
7	5.38	140				

[exp1, 2: a点の圧力変動, exp3: ab間の差圧変動, L_0 : 初期層高(cm)]

10×5cm²の長方形断面、粒径0.455mm R₉₀ 102mmのガラス球)内の逆流水の流速変動のスペクトル分布から60%程度の膨張率で流速変動の場合の局所等方向性の5/3乗則が成立する範囲としてえた周波数10~30Hzとほぼ近似した値であった。④膨張率の増大につれ3~4Hzより低周波数でスペクトルが低下し、高周波数でスペクトルが上昇している。また膨張率の増大につれスラギングが減少して、高周波の圧力変動が増え、一様な圧力変動に近づくことはいえる。⑤図-5は図-4の横軸に示す周波数fを流速V₀で割ったf/V₀(=1/λ_d cm⁻¹, λ_d:波長)を用いて分布を書き改めたものである。[この場合、周波数表示のスペクトルE_{Δh}(f), 1/λ_d表示のスペクトルE_{Δh}(1/λ_d)とすれば、E_{Δh}(f)={E_{Δh}(1/λ_d)} / V₀の関係がある。]図-5の縦軸には{E_{Δh}(1/λ_d)} / V₀を示している。この図から、膨張率の増大にもない、ピーク値をもち(1/λ_d)が小さくなっていること、1fがって粒子層の濃度の波長(図-1の(λ_d)_pに相当しよう)が大きくなってゆくといえる。⑥図-6にはA点の本頭及びab間の本頭差変動の強さを示していて、膨張率を増してもこれらの強さはあまり変化しないようである。⑦3枚粒子の運動について考えると、3枚粒子は図-5のような波長成分をもつ圧力変動を外力として受けるが、スペクトル分布が1/λ_d=0.5~1cm⁻¹, 1fがってλ_d=1(E=32%)~2(E=98%)cm程度のはと3でピーク値をもちことから粒子はこのスケールで3倍の軸方向に運動し、さらにこのスケール内でより小さい運動をしているものと考えられる。また膨張率の増大とともにピークが小さくなることから粒子は膨張率の増加につれ(λ_d)_pは増加するとともに、その強さは減じ、周期性の強い運動は消滅して流動が一様化されるようになるといえる。

3. 結び 本報は小さな槽を用いるなど実際とかなり相違する条件の実験であるが、圧力変動の測定結果は逆流流動層の現象を把握するに有効であることを確かめた。今後は実際に近い状態での測定を行い、逆流開始時の非定常膨張の流動層の挙動、不完全と完全膨張の判別、圧力変動と粒子の動きとの関係などを検討して、最適逆流操作の管理指標について研究したいと考えている。

参考文献

- 1) 望口・上田, 急速ろ過池の逆流洗浄機構の検討, 論文報告集 2725, 1978年4月
- 2) 日野幹雄, スペクトル解析, 朝倉書店, 昭52年
- 3) J.S.バズレット他 ランダムデータの統計的処理, 信風館, 昭53年
- 4) 北村金子, MEMスペクトル計算上の問題点, 土木学会誌, 1978年11月号 (PP23-29)

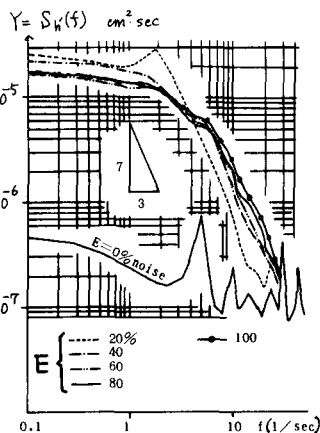


図-3 exp 1 のスペクトル分布 (A点の圧力変動)

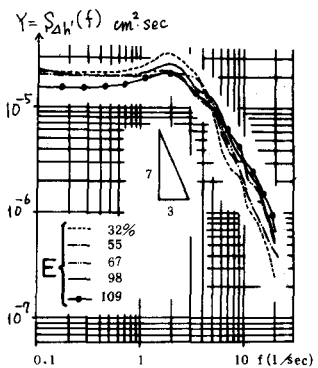


図-4 exp 3 のスペクトル分布 (ab間の差圧変動)

表-2 ピーク周波数とピーク値 (図-4に対するもの)

E%	f _p	Y _p
32	1.76	3.12×10 ⁻⁵
55	1.76	2.25 "
67	1.91	2.12 "
98	1.76	2.54 "
109	1.76	2.19 "
171	1.91	1.63 "

[f_p:ピーク周波数(V/Sec)]
[Y_p:ピーク値 (cm²·Sec)]

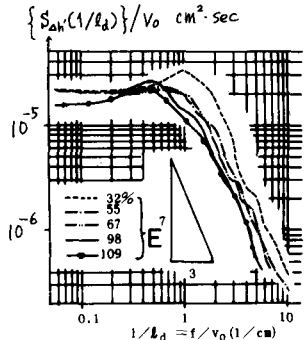


図-5 図-4の(1/λ_d)による表示

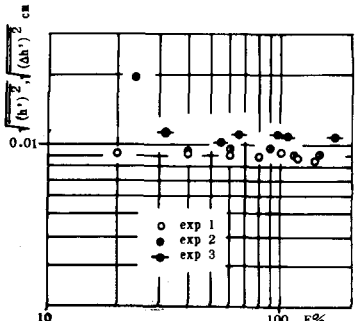


図-6 本頭及び本頭差変動の強さ