



Title	生物性フロツクの形成機構に関する研究
Author(s)	丹保, 憲仁; 小笠原, 紘一
Citation	衛生工学, 15, 1-7
Issue Date	1967-08
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/36193
Type	bulletin (article)
File Information	15_1-8.pdf



[Instructions for use](#)

生物性フロックの形成機構に関する研究

丹 保 憲 仁*

小笠原 紘 一**

MECHANISMS of BIOLOGICAL FLOC FORMATION

Norihito TAMBO, Dr. Eng.

Koichi OGASAWARA.

In this paper mechanisms of biological floc formation are discussed from a point view of surface electrokinetic phenomena by using the method of microscopic electrophoresis. All of the biological floc particles which measured in these experiments have negative charges. Good floc formations were observed only under the lower absolute values of zeta potential. Therefore, the surface electrokinetic phenomena are seemed to be a decisive factor. At the first stage of biological flocculation, lower potential (absolute value) parts of the particles form so called biological floc. Other higher potential particles followed after this. Decrease of the absolute value of these surface potentials seems to have relationship with the decrease of activity to decomposing organic matters in wastes.

I ま え が き

生物学的下水処理過程において生物性フロックの形成は重要な1ポイントである。もし良好なるフロック形成がなされなかつた場合、下水中の有機性成分は安定化されたとしても、固液分離操作を行ないえず、除去はごく一部分に限られ大部分は通過流出してしまう。良好なフロックの形成がなされた場合活性汚泥法では95~98%のBOD除去率を示す。¹⁾

この様に生物学的処理過程の成果がフロック形成に大きくよつているにもかかわらず、そのフロック形成原因、フロック形成と下水の安定化との関係、運転管理におけるフロック形成のコントロール等における問題点はまだほとんど解明されていないのが現状である。そこで、本報告においては活性汚泥のフロック形成について若干の予備的研究を行なつたものを報告し、将来の研究の手がかりの1つとしたい。

* 上水工学講座助教授, 工博

** 大学院 M. O 1年

活性汚泥はその大部分が生物体からなるものと思われる。この活性汚泥、つまり生物性のフロツクの形成原因を Ross E. McKinney は(1)動電学的作用によるもの、(2)化学的作用によるものの2つであるとしている。²⁾ しかし後者は塩結合、あるいは直接的な化学結合によるものと思われその作用範囲は電気2重層の厚さにくらべて小さく、化学結合は多糖類よりなる細胞のきょう膜(細菌細胞の外側に存在する粘性、膠状の厚い層でそれは菌体内で形成され防御の役割を果たしている)の低い化学反応性からみてフロツク形成の初期の段階においては無視できるのではないかと考えられる。一方強攪拌を受けるエアレーションタンクからの流出混合水を弱攪拌のフロツク形成池に入れると攪拌によるせん断力で大きくなれなかつたフロツクの成長が見られる。³⁾ 従つて、本実験はフロツク形成を界面動電学的な見地よりながめることとしその方法として電気泳動法によるゼーター・ポテンシャルの測定を行なつた。

本実験の目的は生物性のフロツクの形成原因を界面動電学的に調べようとするときの足がかりのための基礎的なデータを集めることとした。

II 電気泳動による界面動電位の測定³⁾

粒子の泳動速度測定にはく形断面電気泳動セル(ブリックス・セル)を用いた。その本体は石英ガラス製で内寸法厚さ0.097cm、幅2.0cm、長さ7.5cmのものである。電極にはHgおよびHg(NO₃)の150g/l、KNO₃の170g/lの濃度溶液を用いた。

測定粒子径は2~5μである。

測定粒子個数はセルの上部静止帯で10個、下部静止帯で10個の計20個を測定しその各々の所要時間の算術平均をもつてその条件下での所要時間とした。

測定値の計算式

荷電懸濁粒子の泳動速度と電場の強さとゼーター・ポテンシャルとの関係を示すのにヘルムホルツは(1)式を与えた。

$$\zeta = \frac{4\pi\mu u}{DH} \dots\dots\dots (1)$$

粒子がセル中の電気流動の影響を受けないとすると(1)式は(2)式のような実用単位系の式に書き換えられる。

$$\zeta = \frac{-4\pi\mu}{D} \cdot \frac{\ell}{t} \cdot \frac{A}{i} \cdot \frac{1}{R_s} \times 9 \times 10^{10} \dots\dots\dots (2)$$

(1)、(2)式において

ζ = 粒子のゼーター・ポテンシャル (mV)

μ = セル中の液体の粘性係数 (Poise)

u = 粒子の泳動速度 (cm/sec)

D = 水の透電恒数 (無次元)

ℓ = 粒子の時間 t 内で泳動した距離 (cm)

t = 距離 ℓ を泳動するに要した時間 (sec)

H = 電場の強さ (e · s · u)

A = 電位勾配に直角方向の泳動用セルの断面積 (cm²)

i = 泳動用セルを流れる直流電流 (mA)

R_s = 測定懸濁液の比抵抗 (ohm-cm)

本実験の計算においては $D = 80$ を用い、 $\ell = 0.0094$ cm, $A = 1.94$ cm² であった。

III 実 験

実験に使用した下水、汚泥は全て札幌市真駒内下水処理場から採取したものである。この処理場の処理方式は分流式下水の標準活性汚泥法である。

3-1 生下水のエアレーション

本実験ではエアレーションタンクの流入直前の下水 40ℓ に返送汚泥 10ℓ を加え 8～12℃ の低温のもとで 50ℓ 入りポリエチレンタンク中でエアレーションを行なった。これより採水し遠心分離 (3000 r.p.m - 5 分間) した上澄水 200 ml で希釈し電気泳動の測定を行なった。その結果は図 3-1 に示す。

顕微鏡観察によると 4 日目まではフロックの増加が認められその後は一定となり 9 日目からはフロックの破壊が認められた。

エアレーション開始後 3 日目までは直線的なゼーター・ポテンシャルの増加がみられ、その後はほぼ直線的に緩慢にわずかのゼーター・ポテンシャルの増加が認められる。これは最初の 3 日間で急速なバクテリアの増殖が起こり、それに伴ない急速に下水中の栄養分は消費される。その後バクテリアは内生呼吸相、あるいは死亡相に入りそれ以上のバクテリアの増殖は行なわれない。このためにそれ以上のゼーター・ポテンシャルの変化は認められなかつたものと推論される。エアレーションの後期にみられるフロックの破壊はフロックを構成しているバクテリアの自身の崩壊によるものと思われる。

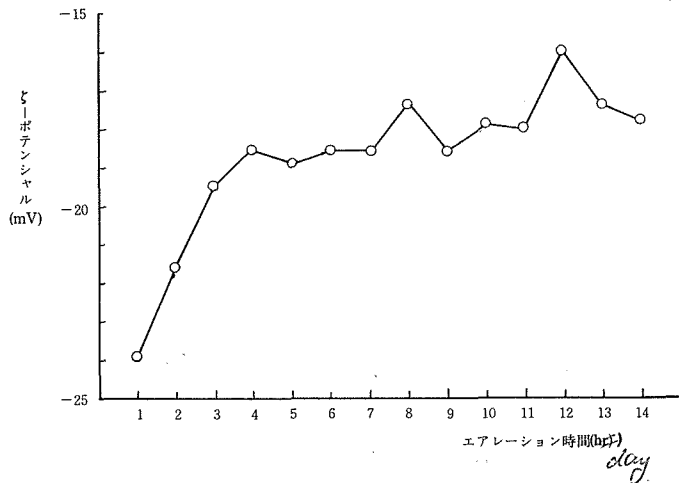


図 3 - 1

3-2 人工下水のエアレーション

生下水中には下水管中を流下する過程においてすでに形成されている生物性フロックが含まれている。従つてその形成過程をよりよく観察するためには溶解性物質を生物が採り、フロックを形成し始める初期の実験が必要になる。そこで以下の実験においては人工下水を用いた。人工下水の組成は表3-1に示す。

実験装置：実験装置は図3-2に示す。

表3-1 人口下水の組成 (mg)

ペプトン	3750
肉エキス	2500
尿素	625
塩化ナトリウム	150
塩化カルシウム	75
硫酸マグネシウム	50
第二磷酸カリウム	4000
第一磷酸カリウム	1000
希釈水	10ℓ

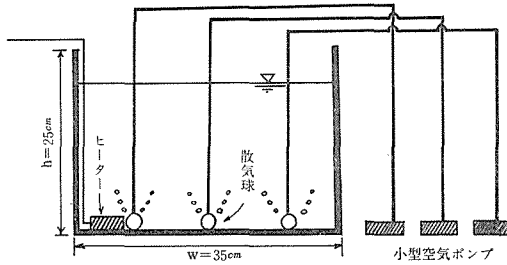


図3-2

3-2-1 フロック形成過程の顕微鏡観察

エアレーション開始時におけるバクテリア数は非常に少数のためその開始30分後に認められる小集塊(10~20 μ)は1個のバクテリアが分裂しそれがそのまま遊離することなく結びついているのではないかとと思われる。3時間後においては小粒子(フロック構成単位とする)の多数の発生が認められる。この時ゼーター・ポテンシャルの急激な増加が観測された。それ以降のエアレーションにおいてはほぼ一定のポテンシャル(約-17 mV)を示しこの時小粒子の数の減少が認められた。これは小粒子は相互の吸合作用でフロックを形成したり、また平行して既成のフロックに吸着されたものと思われる。この場合のゼーター・ポテンシャルの変化は図3-3に示すようである。カオリン(50 p. p. m, 200メツシュ通過)を無機性の共存懸濁質として入れた蒸の実験を次に行なつたがその変化は図3-4に示すようである。この時にはエアレーションが30分ないし1時間でフロック形成が認められた。この時のポテンシャルは-25 mV位であり5 μ 以下の粒子がフロック形成を行なう(約-20 mV以上)には低すぎる。しかしエア

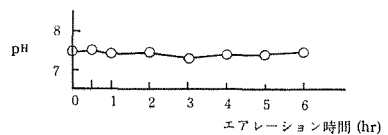
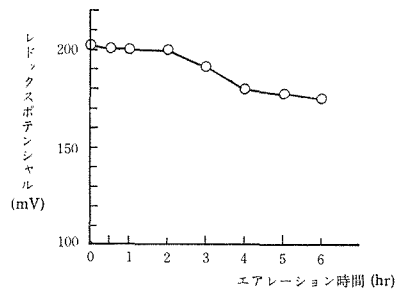
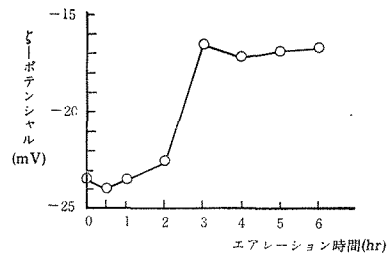


図3-3

レーションの増加に伴って高ポテンシャル粒子(負側であるからポテンシャルの絶対値は低下する)の増加が認められるのでこの粒子同志でフロクを形成するのではないかと思われる。

3-2-2, ゼーター・ポテンシャルによる粒子の分布

人工下水に対する種付には純粹に培養されたバクテリア *Pseudomonas dacunhae* の1白金耳を用い生下水中に混在する未知成分の影響等を無くして実験を試みた。カオリン 50 p.p.m を添加共有させエアレーションの進行と共にそのポテンシャルの変化していく状態を測定した。測定粒子個数は毎回80個とした。

エアレーションを行なつて形成されたフロクはそのままでは泳動セル中で速やかに沈殿し測定ができないので、フロクを測定可能な大きさにまで細分するのに市販のミキサーで行なつた。

実験結果は図3-5に示す。4時間程度でフロク形成が見られ、72時間程度で人工下水中の栄養分はバクテリアによつて殆んど利用あるいはバクテリア表面に吸着され、バクテリアはフロクを形成しエアレーションタンクの底に沈積した。

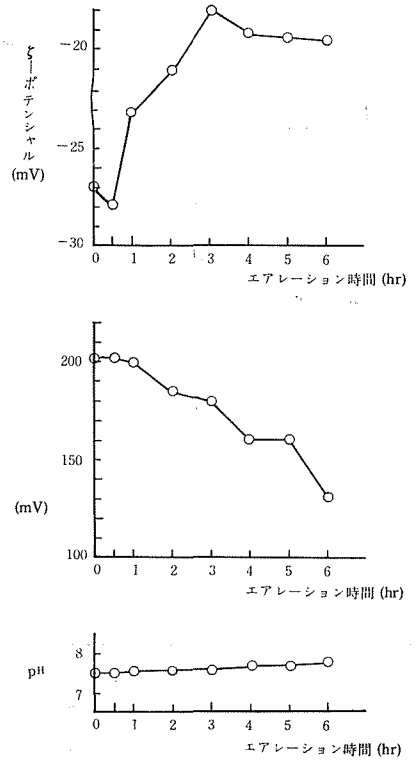


図 3 - 4

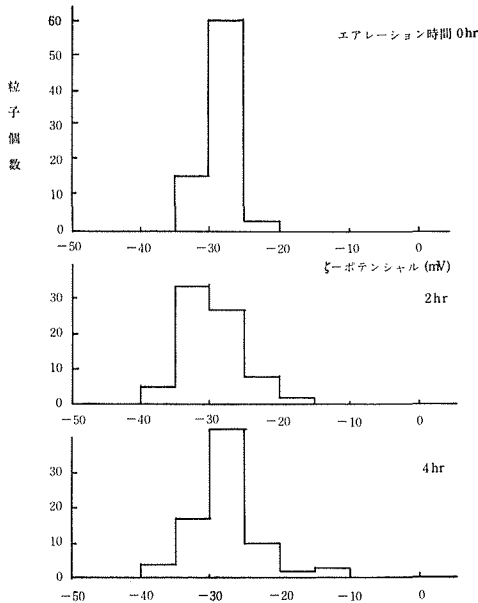


図 3 - 5 - 1

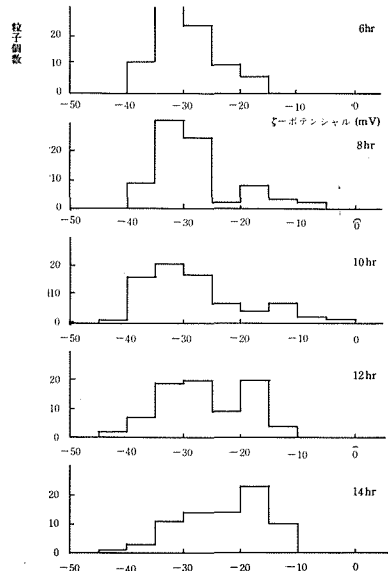


図 3 - 5 - 2

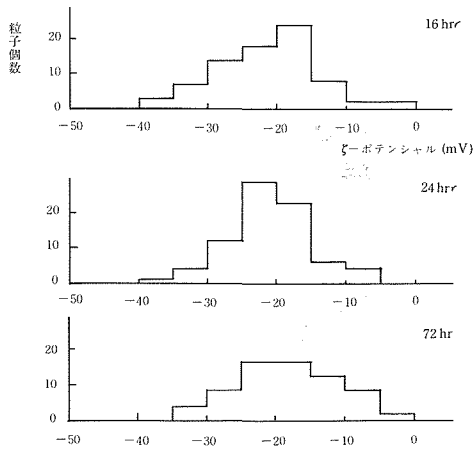


図 3 - 5 - 3

表 3 - 2

バクテリアの種類	ζ-ポテンシャル
Escherichia coli-I	-11.3mV
Pseudomonus	-17.3
混合バクテリア	-16.4

最初せまい範囲に分布していたカオリン粒子界面動電位の分布はエアレーション時間の延長と共に広がり始める。10時間位まではそのピークが低ゼータ・ポテンシャル側にあるが、それ以後は高方への移動の傾向がある。フロック形成には高ポテンシャル側（負側であるから絶対値の低いことを言う。）が有利であることを考えると低い絶対値を持った粒子の存在がフロック形成現象を解く1つの鍵ともなる。

3-3 ある種のバクテリアで優先されたフロックのゼータ・ポテンシャル

エアレーションに用いる空気は昇汞水で洗浄、殺菌をしたものを用い、3日間エアレーションして後測定した。その結果は表3-2に示す。フロックの量でこの3者を比較すると相対的にゼータ・ポテンシャルが低い絶対値を持つ

Escherichia の場合が多く他の2者は同程度の大きさのポテンシャルと同程度の量を有していた。このことはバクテリアの種類によってゼータ・ポテンシャルが異なる一方、生物性フロックの形成原因の1つに動電学的作用があることを推論させるものと考えられる。

IV 結 論

生物性フロックの形成は次のような諸段階に分けうるものと推察される。

(1), 生物自体の増殖による集塊の形成。

(2), (1)によつて形成された集塊同志の2次の結合に界面動電学的作用が問題となる段階。

(1)はさらに(a)生物が有機性固形質等を核として増殖し集塊を形成するもの、(b)生物自体が主に分裂増

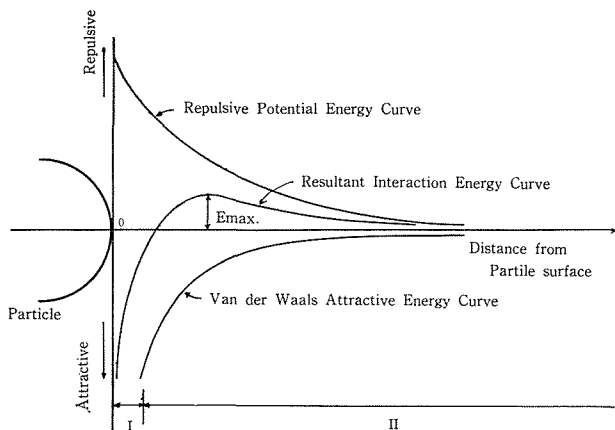


図 4 - 1

殖し、その分裂した各々が分離しないで集塊を形成するものと分類されよう。懸濁粒子(集塊)間の凝集の問題は図-4-1に示すようにフロックを形成しようとする粒子間の相互作用のエネルギーを考えることによつて理解されよう。粒子相互間に働く力は粒子同志が合成相互作用エネルギー曲線の極大点(E_{max})よりも遠方にある場合(厳密には合成曲線の値が0となる点より外側にある場合)は界面動電学的反撥力が作用し、このエネルギー障壁が粒子の合一をさまたげる1つの因子となる。この点よりも内側に粒子同志が接していれば、ファン・デア・バルスの力が常に卓越し更に化学結合力等のより強力な力も作用して粒子同志は結合している。生物性粒子(集塊)においても遠方にある粒子が接近し集塊する場合は水道における凝集フロック形成の場合などのものと同様であるが(範囲II)、自己増殖などの場合のように内側から塊が大きくなつて行く様な場合はファン・デア・バルスの力とさらに至近距離においてファン・デア・バルスの力よりもさらに強力な化学的力や他の何らかの力が作用している(範囲I)と思われる。従つてフロック形成段階の(1)においては図4-1におけるIの範囲の距離内での作用であり界面動電学的反撥力による作用は影響しない。(2)においてはIIの範囲でのファン・デア・バルスの力や界面動電学的力の作用によるものが最大の現象支配因子となるであろう。

以上のことは高ゼーター・ポテンシヤル(絶対値)における集塊の出現、低ゼーター・ポテンシヤル(絶対値)粒子の出現時における大集塊(フロック)の形成によつて推察される。

バクテリアの種類によつて各バクテリアフロックのゼーター・ポテンシヤルが異なつたことはバクテリアの表面の界面動電学的性質の差異によるもので各種バクテリアのフロック形成能の差違を示すものと思われる。

V 文 献

- (1) Brother Joseph McCabe and W. W. Eckenfelder; Biological Treatment of Sewage and Industrial Wastes, P. 88, (1955)
- (2) Ross E. McKinney; A fundamental approach to the activated sludge process, Sewage and Industrial, vol. 24, No. 3, P. 280, (March, 1952)
- (3) 丹保憲仁; 水処理における凝集機構の基礎的研究(II), 水道協会雑誌, 363号, 22ページ(昭39-12月)