

II-407

空気注入圧力式下水道における酸素移動特性

東京大学大学院〇学生員 榎屋高志
 東京大学工学部 正員 山本和夫
 東京大学工学部 正員 松尾友矩

1. はじめに

従来の自然流下下水道では満管状態で汚水が流れることはほとんど稀である。しかし、圧力式下水道の場合、汚水は常に満管状態で流れることになる。その際、管内が嫌氣的な条件に置かれるために硫化物などにより管材の腐食や異臭などが発生しやすいということが問題となっている。そのため、管内流速の確保や下水へのエアレーション効果を得る方法として圧送時に空気注入を行なうことが考えられている。そこで本研究では空気注入による管内の酸素移動に着目し、その特性を解明する第一段階として、まず流動様式と総括酸素移動係数 (KLa) との関係について実験的検討を行なった。

2. 実験装置

図1に実験装置の概略図を示す。Eは気液分離槽で酸素移動の実験時にはオーバーフローをしないようにF点に設けたバルブにより調節を行ない、空気注入口以外からの曝気の影響をおさえた。空気はD点よりエアポンプを用いて注入する。D点と気液分離槽までの距離は13.7mである。A点とB点にDOセンサを設置し、C部は流動様式観察用の可視部である。また、図中には示していないがヒータとクーラを用いて装置内の水温を $16 \pm 1^\circ\text{C}$ 以内に保った。実験装置諸元を表1に示す。A点とB点の距離は21.4mで、管路全体の長さは27.4m、管径は65mmである。

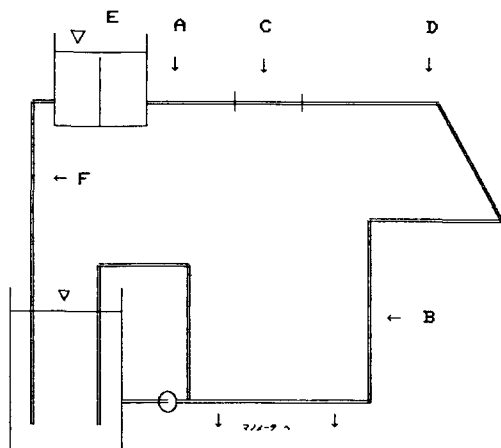


図1 実験装置の概略図

3. KLa の測定

この装置全体が完全混合であると仮定して、一つのDOメータで全体の酸素移動を捉えることは無理があるため、上記のようにDOメータを二台用いて2点間でのDO濃度の変化をレコーダに記録させ、2点間の差をとって KLa を計算した。この際、2点間のDO濃度の差は 0.2 mg/L 以上であった。また、管内の水は亜硫酸ナトリウムでDOを落したものをを用いた。実験条件としては、8ランクの液相流速、3ランクの気相流速を設定した。液相流速のうち、低い方から2ランクは完全に層状流が観察され、高い方から4ランクはプラグ流が観察された。また比気液接触面積 a を求めるため、C点の可視部を利用して写真撮影を行った。写真撮影の結果から、気泡の形状は図2に示すような『蒲鉾モデル』で近似することができたので、このモデルに基づいて層状流とプラグ流の場合に分けて気液接触面積を計算し、平均的な比気液接触面積を算出し、さらに KLa を a で除して酸素移動速度係数 Kl を求めた。

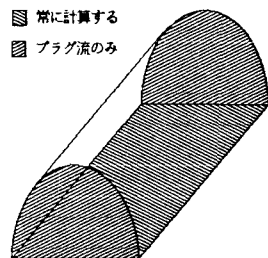


図2 蒲鉾モデル

表1 実験装置諸元

A-B間	21.4 m
A-D間	13.7 m
管路全長	27.4 m
管径	65 mm
水温	$16 \pm 1^\circ\text{C}$

3. 結果と考察

以上のようにして求めた KLa を図3に示す。液相みかけ流速が上昇するにつれて、層状流の領域では KLa は減少し、遷移領域ではほぼ一定

の値を示している。さらに、プラグ流の領域では対数軸上で直線的に増加することがわかる。この遷移領域は文献¹⁾中に示されている最大と最小の値をとったものである。層状流とプラグ流間での遷移は気相みかけ流速にはよらず、液相みかけ流速だけにより決定するものとされている。²⁾

一方、液相みかけ流速に対する比気液接触面積 a の変化を図4に示す。層状流の領域では液相みかけ流速が上昇するにつれて比気液接触面積は減少することがわかる。これは円管の特徴であって、円管内の水面が気液接触面積となるので、円管の中心より上方に水面がある時に液相流速が増大すると水面は上昇し、水面の面積が減少したと考えられる。この実験とは逆に液相みかけ流速を落していくと、円管の中心を水面が通る時に Kla の極大値が存在することが予想される。また、プラグ流の範囲において比気液接触面積が流速の増加とともに減少していくことが観察された。

酸素移動係数 Kl の変化は以上のことから、流動様式との関係が深いと考えられる。層状流の時、 Kla が減少する理由としては、 Kl はほとんど変化しないが比気液接触面積が減少するためと推測できるだろう。この場合、 Kl がほぼ一定の値をとることは、管内の液相実流速がほとんど変わらないことが関連していると思われる。一方、遷移領域の場合、液相流速の増加に伴い Kl も増加するが、比気液接触面積は減少するので、その積である Kla 全体としては増減が釣り合い、ほぼ一定の値を示すものと考えられる。また、プラグ流では、比気液接触面積が非常に小さくなるが、 Kl の値がそれを上回るほど大きくなるので Kla が増加するものと考えられる。

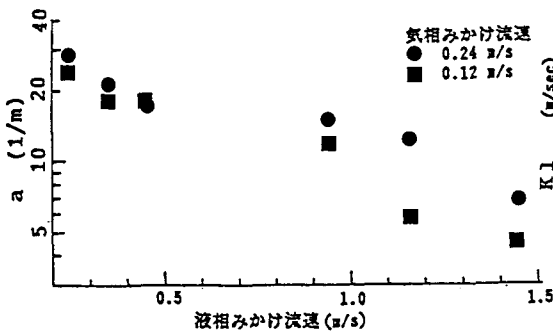


図4 a （比気液接触面積）の変化

4. まとめ

Kla の変化は流動様式との関係が深いことがわかった。酸素を管内の汚水に供給するためにはプラグ流を生じさせる程度の流速があれば、かなりの酸素移動が見込めると考えられる。層状流となる流速しか得られない場合、気液接触面積を出来るだけ大きくすることが必要であろう。

参考文献 1) 赤川 『気液二相流』 コロナ社

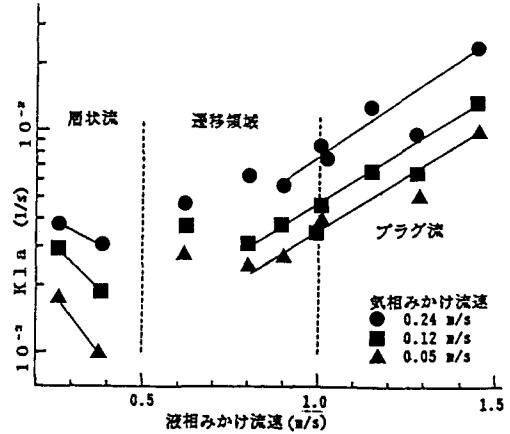


図3 Kla と液相みかけ流速

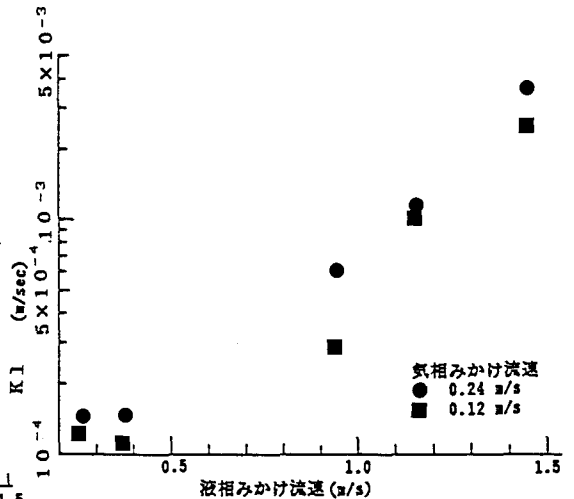


図5 Kl （酸素移動速度係数）の変化