

ディープシャフトの実用化 に関する研究

1. はじめに

ディープシャフト法は、標準活性汚泥法におけるエアレーションタンクの代わりに、水深40～150mの深井戸式超深層エアレーションタンクを用いる方法である。

ディープシャフトを用いることにより、エアレーションタンクの敷地を大巾に削減することができ、用地費を節減できるとともに、少ない空気吹き込み量で高い酸素利用効率を得られる。又、エアレーションの設備機器はシンプルで、ディフューザー等の散気装置を必要としないため、維持管理にほとんど人手を要しない。このため、日本でも15年程前から食品・水産加工などの高濃度排水処理や、ビル排水の再利用施設として多く採用されている。

公共下水道として実施した例は、日本ではまだないが、実証試験のための施設が公共下水道の処理場につくられた例がある。海外では、イギリス、ドイツ等数ヶ国で下水道に採用されている。元来、平地が少なく、処理場用地の取得に苦勞するわが国において、高齢化社会に伴う維持管理要員確保の難しさもあわせて考えると、ディープシャフト法の採用を検討することは、非常に意義深いものがある。

このような背景を受けて、既往の実証実験、ディープシャフト法の施工実績や処理実績、その他各種文献資料等をもとに、次のような研究を行った。

- ① ディープシャフト法の原理や特徴、実績等の調査・整理

- ② ケーススタディ（老朽施設の改築や新・増設へディープシャフト法を適用した場合）
- ③ ディープシャフト法に関する技術マニュアルの作成。

2. 研究体制

本研究は、次の7企業と本機構との共同で実施した。

鹿島建設株式会社	株式会社クボタ
株式会社竹中土木	日本鋼管株式会社
日立プラント建設株式会社	三井建設株式会社
三菱化工機株式会社	

3. 研究成果

3.1 ディープシャフト法の原理と特徴

3.1.1 ディープシャフト法の研究対象範囲

ディープシャフト法は、標準活性汚泥法の一変法であり、「エアレーションタンク」を「ディープシャフト+脱気施設」に置き換えたものである。その他の施設は、従来技術を用いている。そのため、本研究の対象範囲は、「ディープシャフト+脱気施設」の部分に限定した。

3.1.2 ディープシャフト法の原理

(1) ディープシャフト

ディープシャフトは、下降流路と上昇流路から

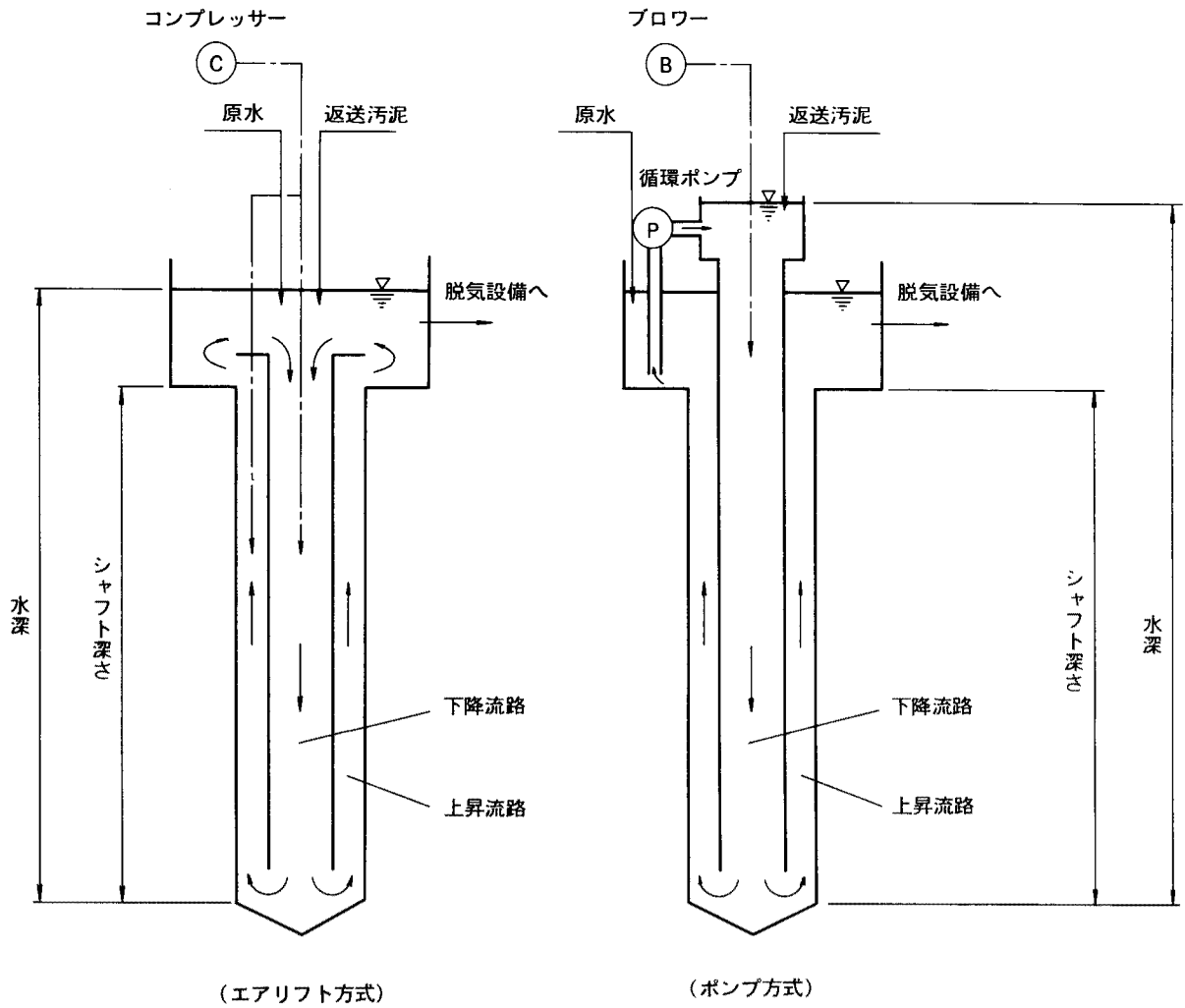


図-1 ディープシャフトの構成

なるシャフト，およびヘッドタンクより構成され，ディープシャフト内の混合液は，図-1に示すように循環される。

この循環流の作り方には2種類あり，エアリフト方式（吹き込み空気を利用）およびポンプ方式と呼ばれている。

下降流路に吹き込まれた空気は，混合液とともに下降流路，上昇流路を通りヘッドタンクまで上昇する。

シャフト内においては，その深さに対応した大きな静水圧により，吹き込まれた空気中の酸素が液中に強力に溶解する。一方，シャフト内を下降／上昇する流れは，完全な乱流となるため，気泡は細断されて酸素溶解速度が高まる。更に，大深度を気泡が往復することにより，気液の接触時間を長く保てるため，高い酸素移動効率が得られる。この結果，少ない空気吹込み量で高い除去効果を得られることになる。

(2) 脱気施設

ディープシャフトからの流出水は，標準活性汚泥法のエアレーションタンク流出水に比べて，過飽和の溶存窒素ガスや微細な気泡を多量に含んでいるため，最終沈殿池での汚泥の沈降性が悪くなる。この対策として，最終沈殿池の前に脱気施設を設ける。脱気方式には，真空脱気式と攪拌方式があるが，攪拌方式は所要面積を多くとるため，真空脱気式が一般的に採用されている。

3. 1. 3 ディープシャフト法の特徴

(1) 高負荷処理

標準活性汚泥法では，酸素移動速度が律速となるのに対し，ディープシャフト法では酸素移動速度が極めて大きいため，酸素律速とならず，高負荷処理が可能である。

(2) 省スペース

高負荷処理が可能なこと，およびシャフトが地下に細く深い形状であることから，必要な用地面

積は標準活性汚泥法の場合の約1/20に節減される。

(3) 省エネルギー

エアレーションおよび循環のための所要動力は、標準活性汚泥法の場合の60~80%に低減する。

(4) 容易な維持管理

高効率エアレーションタンクであるにもかかわらず、標準活性汚泥法に比してシンプルな設備構成になっている。

(5) バルキングの抑制

ディープシャフト法プラントの実績では、バルキングの発生率が非常に低いと報告されている。

(6) 安定した処理性能

原水はディープシャフトに流入後、循環流により瞬時に15~30倍に希釈されるため、負荷変動は速やかに吸収され、安定した処理性能が得られる。

(7) 臭気発生が少ない

シャフト内の全域が好気性に保たれているため、悪臭の発生は少ない。

3.2 従来法との比較

標準活性汚泥法とディープシャフト法との比較結果を表-1に示す。

3.3 設計諸元

3.3.1 ディープシャフトの設計諸元

(1) ディープシャフトの設計

ディープシャフトは、流入水量、水質、処理目標レベル、地質等の基礎データをもとに設計する。

(2) 形状及び池数

ディープシャフトはφ 600mm以上の円筒型とする。池数は、清掃・補修等を考慮し、2池以上とする。

(3) BOD-SS負荷

1.0kg/kg・日以下を標準とする。

(4) MLSS及び汚泥返送比

MLSSは、2,000~4,000 mg/ℓを目安とする。

(5) エアレーション時間

計画下水水量に対して1.2時間以上を標準とする。

表-1 標準活性汚泥法とディープシャフト法との比較

比較項目		標準活性汚泥法	ディープシャフト法
酸素供給能力	(kgO ₂ /m ³ ・時)	0.1	2
滞留時間	(時間)	6 ~ 8	1 ~ 2
BOD容積負荷	(kgBOD/m ³ ・日)	0.3 ~ 0.8	2 ~ 4
MLSS	(mg/ℓ)	1,500 ~ 2,000	2,000 ~ 4,000
BOD-SS 負荷	(kgBOD/kgMLSS・日)	0.2 ~ 0.4	1.0
SRT	(日)	5 ~ 10	1 ~ 2
水深	(m)	5	40 ~ 150
吹き込み空気量	(倍下水量)	3 ~ 7	0.4 ~ 1.6
酸素利用効率	(%)	5 ~ 10	60~90
設置面積			
(エアレーションタンク部分)		100	5
動力費			
(エアレーションタンク部分)		100	60~80

(6) 水深

40～150mとする。

(7) ヘッドタンク容量

シャフト全容量の25%程度の容量のヘッドタンクを設けるものとする。

(8) 必要酸素量

0.8kgO₂/除去kgBOD以上を標準とする。

(9) 送気量等

送気量は処理に必要な空気量と循環に必要な空気量から定まる。

3.3.2 脱気施設

(1) 真空脱気方式

真空脱気方式は真空ポンプで減圧状態をつくり気泡を析出させて脱気する方法である。

真空度は0.3atm, 真空ポンプ排気量は下水量と返送量の合計の4～5%とする。また, 真空脱気塔高さは9mとする。

(2) 攪拌脱気式

攪拌脱気式は混合液を所定時間滞留させ, 空気または攪拌機にて攪拌し, 気泡を吸着させる方法である。滞留時間は15分以上とする。水深は4～5mとする。

3.4 施工方法について

ディープシャフト法におけるシャフトの施工方法は, シャフトの直径と深度, さらに地盤の種類や地下水位によって異なる。したがって, 事前にこれらの条件を十分調査し, 条件に適した施工方法を選定する必要がある。適切な工法を選択することによりあらゆる地盤に施工可能である。

シャフト径に関しては, 工法により制限が生じる。

3.5 維持管理方法

定常の運転操作は, ほとんど自動化されており特

に難しいことはない。多くの事例では無人化運転を行っている。また, ディフューザー等の散気装置を用いていないので, 目詰まり等のトラブルはない。

シャフト底部への沈殿物堆積については, 沈砂池や最初沈殿池を通過した後では, 沈殿堆積することはない。

3.6 ケーススタディ

ケーススタディは, 次の2ケースについて実施した。

(1) 新設処理場の場合

対象処理場の基本数値(最大計画汚水量: 約8万m³/日等)を仮定し, 標準活性汚泥法とディープシャフト法との比較を行った。

これによると, 処理場用地は約26%, 維持管理費は年間約10%節減できることがわかった。

(2) 改築の場合

次のような条件を仮定してディープシャフト法の検討をした。

- ・対象処理場は, 標準活性汚泥法で運転されているが, 施設が老朽化している。
 - ・将来流入量は30万m³/日と見込まれているが, 現行の敷地内でこれに対応する必要がある。
- これによると, ディープシャフト法を用いれば, 現在の敷地面積で十分対応可能なことがわかった。

4. おわりに

ディープシャフト法は, 現在は二次処理施設として位置付けられが, 今後は, 高度処理対応型も研究して行く必要がある。

● この研究に関する問い合わせは

研究第二部長	藤田 昌一
研究第二部主任研究員	阿久津 忠
研究第二部主任研究員	田中 一朗
研究第一部研究員	大森 栄二
研究第二部研究員	浦川 与作