

一 般 論 文

高濃度有機物排水処理に適したハイキューブシステムの性能向上

Development of Hai Cube system suitable for reducing dense organic materials in the wastewater from food factories

井原 寛彦*
T. Ihara

坪田 浩治*
K. Tsubota

三島 尚史*
T. Mishima

福屋 正三*
S. Fukuya

概 要

衛生管理の規制強化による洗浄排水量の増加や節水の進展による濃度の増加など、排水処理施設への要求は年々厳しくなっている。このような状況の下、排水処理施設は既存敷地内で処理能力を向上させることが求められている。当社は排水処理装置（プラント）として従来の標準活性汚泥法に対して、処理性能の向上（標準活性汚泥法比1.5倍）と同時に産業廃棄物となる余剰汚泥量の低減（標準活性汚泥法比0.5倍）を実現するハイキューブシステムを提供している。このシステムは運転管理が容易になるなど日常作業の低減にも寄与している。更に、今年度はハイキューブシステムの処理性能を当社従来比1.5倍（標準活性汚泥法対比約2倍）に向上させることに成功した。本報告ではハイキューブシステムの特長と新たに開発した内容について報告する。

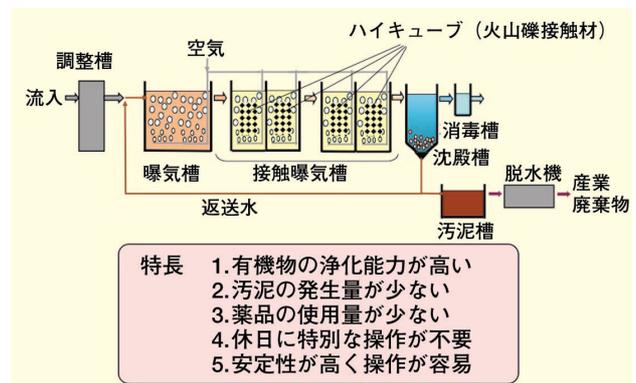
Synopsis

The performance of industrial wastewater treatments need to be increased, while in order to improve the sanitary condition more large mass of wash water is used for manufacturing foods in factories and in order to save water organic materials in wastewater is increased much more. In this way the capacity of wastewater treatment in factories need be increased in the same site. We supply the new wastewater treatment (Hai Cube system) keeping the advantages of half as much waste sludge, and 1.5 times as much capacity to reduce organic materials in wastewater, as the activated sludge process. And then this system has the other advantage of more flexible operation by good stability and good settle ability than the activated sludge process. Moreover, the capacity to reduce organic materials in the wastewater increase 1.5 times as much as our conventional system (2.0 times as much as the activated sludge process).

In this paper we discuss the feature of Hai Cube system and topics of the new development.

1. はじめに

環境意識の高まりにより、排水規制が年々強化される中、食品工場などでは衛生管理の強化などで排水量や排水濃度の増加が起こり排水処理の性能向上が必要と成ってきている。また、低コスト化・多品目化を狙った製造工程・製造品目の変化で排水処理がボトルネックになるケースが多くなっている。当社では、このような状況を解決するため、火山礫を主成分とする接触材であるハイキューブを用いた排水処理装置ハイキューブシステムを提供しており⁽¹⁾、既存食品工場の80%以上が採用している標準活性汚泥法に対して図1に示す5つの利点を持つ。



- 特長
1. 有機物の浄化能力が高い
 2. 汚泥の発生量が少ない
 3. 薬品の使用量が少ない
 4. 休日に特別な操作が不要
 5. 安定性が高く操作が容易

図1 ハイキューブシステムの構成と特長

*環境事業本部プラント事業部

2. 基本機能と構成

図1に示すように、流入する排水に生物(0.1 μ m~数mmの微生物)を含む返送水を混合して曝気槽と接触曝気槽の生物によって有機物を水と炭酸ガスに分解する。その後、沈殿槽に送られ重力沈降の原理で生物を分離沈降させ、上澄み水のみを消毒し河川へ放流する。一方、沈殿槽で沈降分離した生物を多く含む水は流入する排水に混ぜる返送水として利用する。また生物は有機物を炭酸ガスに分解する過程で増殖するが、返送水量を超過する増殖分(汚泥)は脱水して産業廃棄物とする。図2はハイキューシステムの外観で、既存技術の標準活性汚泥法は、曝気槽のみで構成されるのに対しハイキューシステムでは曝気槽と接触曝気槽で構成され、接触曝気槽にはブロック状のハイキューが敷設され、曝気槽(接触材無し)が約1/3で接触曝気槽(接触材有り)を約2/3の容積比率とする。また接触曝気槽の容積の約50%にハイキューを入れ、図3に示すように槽内に仕切りを作ってハイキューを投入する。

3. 性能を引出す技術

特長を実現する為の技術的なポイントは下記の4項目である。

接触材の配置と水理設計

適切な運転管理による生物相の維持
 生物処理維持を容易にする管理用の調整ユニット
 排水処理能力の阻害要因を除く前処理

接触材の配置と水理設計

ハイキューを浸漬するだけでは性能を發揮しない。真下から吹き上げる流れ(上向流)と槽全体を旋回する流れ(旋回流)を形成して生物の生息環境を整える必要がある。

水理設計の概要を図4に示し、その機能と効果は以下の通りである。

- ・下から上に迷路状に速い流れを作ることで、従来の接触材方式の欠点であった目詰まりによる性能低下を防いでいる。
- ・旋回流を適正に発生させることにより槽全体を良好な好気状態に維持し、部分的な嫌気状態から発生する沈降性の低下や悪臭の発生を抑えている。
- ・接触材に付着している生物と浮遊している生物双方の活性化を促進することで容積当たりの有機物処理能力の向上を実現している。

適切な運動管理による生物相の維持

運転管理はハイキューの性能を引出す運転条件を適



図2 ハイキューシステムの外観(例)

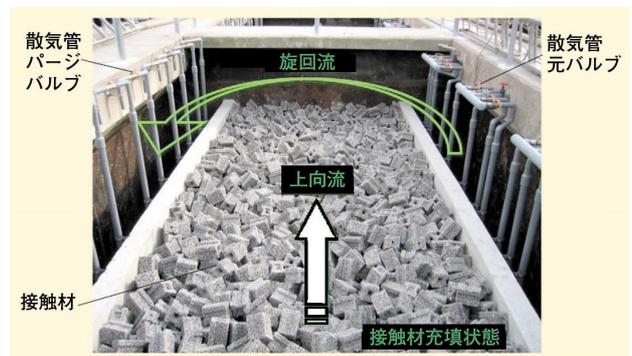


図3 ハイキューの敷設形態(例)

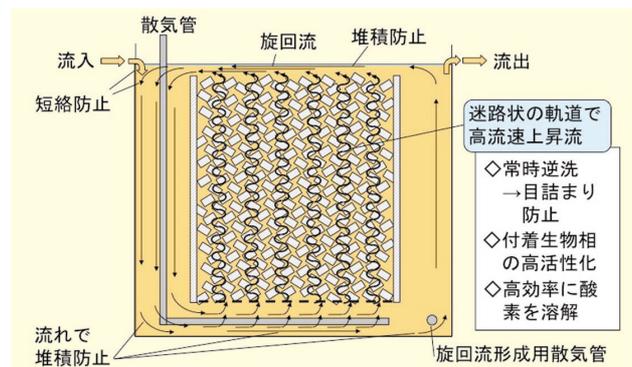


図4 ハイキュー敷設槽内の水理設計概念図

切に設定すれば、標準活性汚泥法のような不安定さが解消され、手間は大幅に軽減される。多くの場合、凝集剤を使用しなくても、沈降性が30分間の沈降濃縮比率(SV30)で50%~70%にすることができる。このように、生物の機能を最大限に引出すことで、薬品の使用量も大幅に削減することができる。

ハイキューは固定接触材で、0.1 μ m程度の細菌から、100 μ m~数mmの原生動物や後生動物までの住処となることができる。多様な生態系をバランスよく(何れかの種が優先種とさせない状態)維持することで競争が起こり、食物連鎖が発生することになる。一般に大型の生物ほど食べる有機物を炭酸ガスに分解する能力が高いため、余剰汚泥が減少する⁽²⁾⁽³⁾。ハイキューへの生物付

着の例を図5に示す。ここではミミズの塊状のものが見られ、これを洗い流して短時間浸漬して上げると例えばミジンコなどの付着が肉眼でも観察できる。この例のように、小型から大型の生物生態系がハイキューブ上及びその周辺に存在している。

生物処理維持を容易にする管理用の調整ユニット

量産性の高い製造工程などではラインの特性上、排水量や濃度が一日のサイクルの中で定時的に変動することがある。このような場合には、運転管理を容易にするユニットを追加することができる。

排水処理能力の障害要因を除く前処理

水に分散しないものを高効率に生物処理することはできない。そこで、水に分散しない油や特殊な固形物のみを取り除く前処理装置を追加することができその結果、高い処理効率を実現することができる。

4. ハイキューブシステムの性能

4.1 有機物の処理性能の向上と余剰汚泥低減の両立

図6に3系統あった標準活性汚泥法の排水処理施設を1系統休止し、残り2系統にハイキューブを敷設した改修例を示す。本例では各系統の処理能力を1.5倍に、更に浄化性能も向上させ放流水質を改善した。この改修に伴い運転管理は簡素化され、悪臭等の環境状況も大幅に改善された。そして、ランニングコストの大半を占める余剰汚泥発生量が改修前の24t/月から16t/月に減少した。この施設では次項に示す加圧浮上装置からの発生汚泥と生物処理からの余剰汚泥が混合処理されているが、加圧浮上装置の分離性能等から推定すると、生物処理での余剰汚泥はほぼ半減できている。これらの結果より標準活性汚泥法に比較して、ハイキューブシステムでは有機物の処理能力を1.5倍にすることと汚泥の発生量を0.5倍にすることが両立できている。

4.2 油分と固形物の処理性能

水に分散しないものを取り除く前処理として、凝集剤を使用せず加圧浮上装置を用いた例を図7に示す。加圧浮上は加圧気泡の発生時に水に分散しないものを気泡表面に付着させ浮上分離する。排水中の水に分散しない成分の比率によって固形分(SS)と油分(nHex)の除去率は異なり、本例では、SS低減率39%、nHex低減率63%となっている。この前処理をした排水をハイキューブシステムで処理すると、図8に示すように高効率にSSとnHexが処理できることが分かる。低減率はSSで99.6%、nHexで99.2%となっている。

これらの結果より、水に分散しない成分の分離を薬剤を使用せずに行うことで、ハイキューブシステムでは薬品費用の削減と薬品使用による生物処理の効率の低下防止を両立できることが明確になった。

◆ハイキューブを約1週間槽内に置いて上げるとミミズの塊が多く付着



図5 ハイキューブへの生物付着状態(例)

◆容積当りの処理能力が1.5倍に向上かつ処理水質が改善

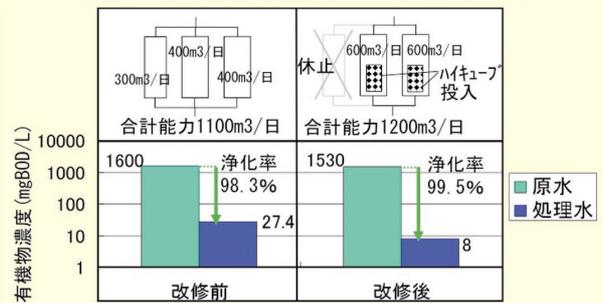
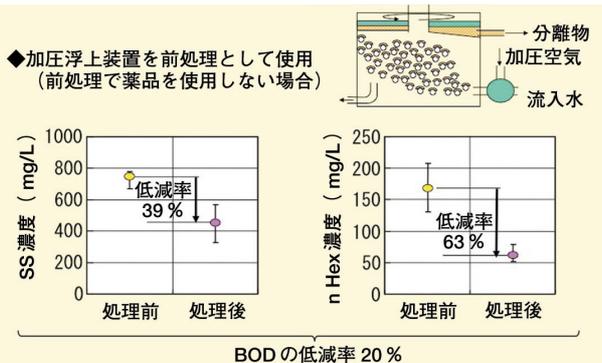


図6 ハイキューブでの有機物処理能力向上(例)

◆加圧浮上装置を前処理として使用(前処理で薬品を使用しない場合)



使用した排水では分離されたSS 1g当り、nHexは0.4g BODは1.2gに相当する

図7 水に分散しない油分や固形物の前処理(例)

◆水に分散しない成分を除けばSSやnHexを高効率に低減出来る

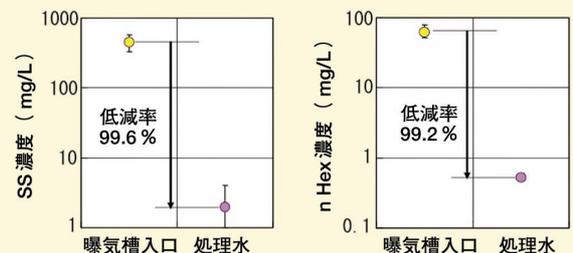


図8 水に分散した固形物と油分の低減

4.3 臭気

排水処理装置では周辺環境対策として臭気の問題が年々深刻になっており、高負荷運転状態で嫌気状態時に発生する独特の臭いが問題になることが多い。図9にハイキューブシステムでの臭気の測定例を示す。施設内で一番臭気が強くなること多い曝気槽横でも、臭気指数が11~12と低い値となっている。

臭気物質としてはアンモニアが微量検出されたが、その他の代表的臭気物質は検出限界以下であった。

この状態では、排水処理装置独特の臭いよりも流入する排水の工場の製造品目由来する臭いの方が強く感じられる場合もあると考えられる。

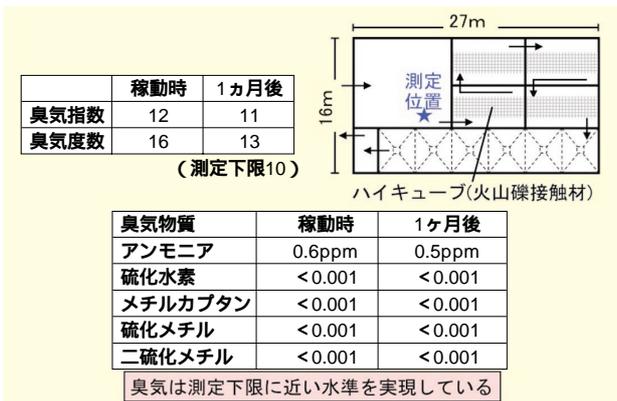


図9 ハイキューブシステムでの臭気状態(例)

4.4 全窒素と全燐の低減効果

窒素と燐濃度の高い厩舎排水では生物処理槽での窒素と燐の濃縮により処理が不安定になることが懸念される。ハイキューブシステムでは運転条件を適正に調整することで、図10に示すように窒素・燐低減率は約85%に達する結果がえられ、下水道の高度処理技術に迫る結果を生物処理系単独で達成したことになる。このことはハイキューブシステムが食品工場の排水処理に高いポテンシャルを持つことを示している。

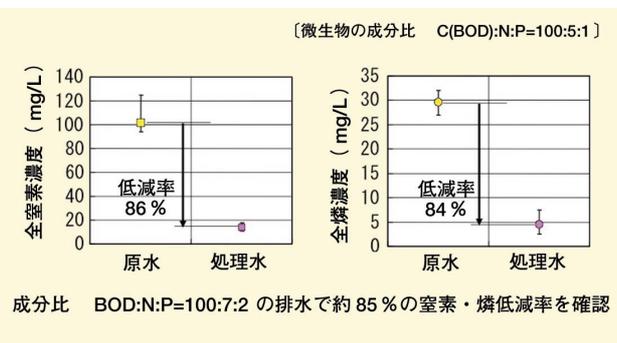


図10 ハイキューブシステムの窒素・燐の低減効果(例)

5. 工場の操業中の改修

増産等の計画があり、排水処理能力を増やす必要があるが、工場は連続稼働させたいとの要求は多い。そこで、工場の生産量が2割程度低下する時期を選んで図11に示す手順で、槽をバイパスし1槽あたり2週間で順次改修を進める。

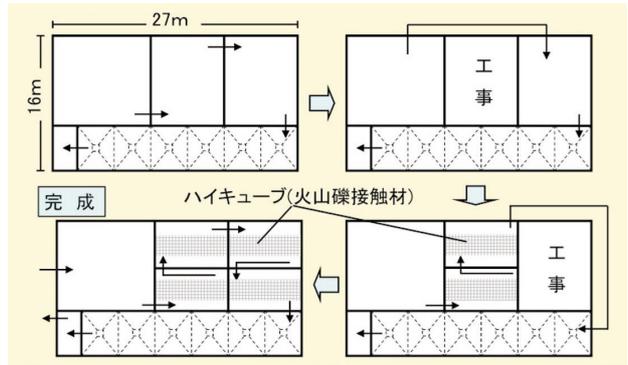


図11 操業を継続しながら行う改修手順(例)

6. 有機物の処理性能の更なる向上

図12に示すように、現在販売中の製品で既存技術の標準活性汚泥法に比較して有機物の容積当り処理能力(容積負荷に比例)を1.5倍、余剰汚泥の発生量(汚泥転換率に比例)は0.5倍にできている。その後07年から09年の開発で、余剰汚泥の発生量を標準活性汚泥法の0.5倍に保ちつつ、容積あたりの有機物の処理能力の向上を進めてきた結果、ハイキューブシステムの基本構成を変えることなく、運転条件や管理方法の適正化で処理能力は大幅に向上できることが確認できた。しかも、その過程で、図13に示すように、細菌の高密度な凝集状態と多彩な生物相の両立ができることが明確となり、更なる性能向上の糸口も見つけれられた。この高密度な凝集は沈降性の改善となって表われ、我々が過去経験したことのない結果を確認した。図14は沈降性の改善を示すもので、SV30で20%を下回りSVIで40前後の値を示し、容積

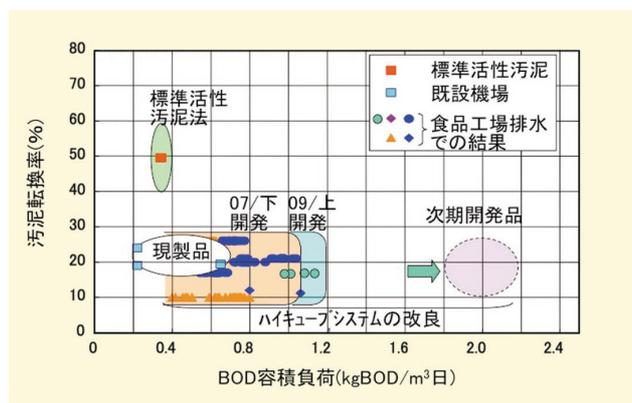


図12 汚泥低減と容積当たりの有機物の処理能力

当たりの処理能力が標準活性汚泥法の約2倍で近々製品化することとしている。

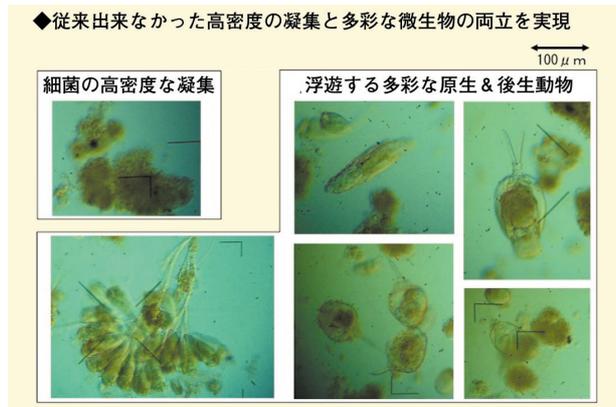


図13 開発品での細菌の高密度凝集と多彩な生物

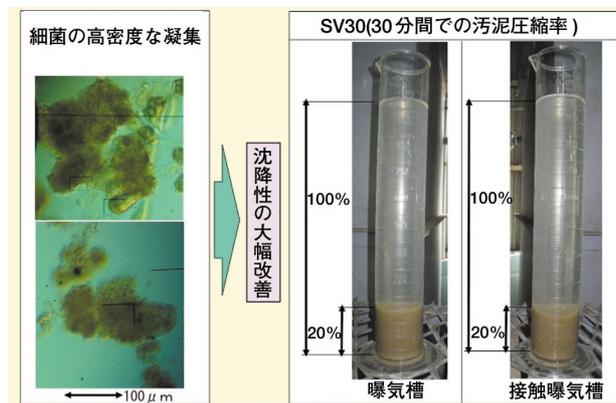


図14 細菌の高密度凝集による沈降性の改善

7. 今後の展開

更なる性能向上に向けて、図15に示す分離膜槽を用いた開発も進めており、従来の標準活性汚泥法の約4倍の有機物の処理性能を目指している。

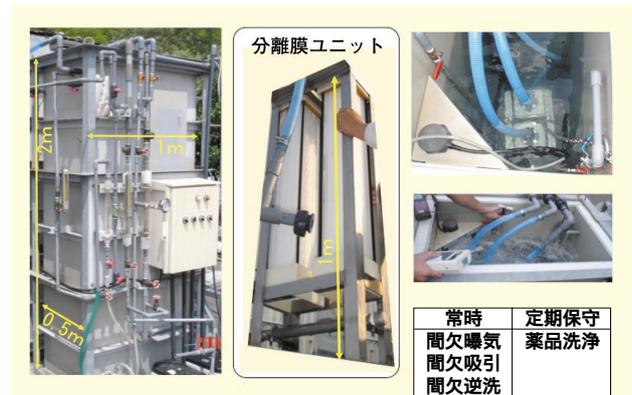


図15 性能向上を目指した分離膜槽の例

参考文献

- (1) 井原、坪田、三島、福屋：用水と廃水 Vol.51 No.6 p.16～22 (2009)
- (2) 稲森、稲森、孔：月刊 食品工場長 vol.62 1 2007
- (3) 稲森：国立環境研究所公開シンポジウム2002 <http://www.nies.go.jp/sympo/2002/lecture/02inamori/02inamori.pdf>

執筆者紹介



井原寛彦 Tomohiko Ihara
環境事業本部
プラント事業部
新事業推進室長



坪田浩治 Koji Tsubota
環境事業本部
プラント事業部
新事業推進室 グループ長



三島尚史 Takafumi Mishima
環境事業本部
プラント事業部
新事業推進室



福屋正三 Shozo Fukuya
環境事業本部
プラント事業部 技師長