

目次	CONTENTS
1 <巻頭言> 今，また衛生工学の重要性が高まっている	
2 ハイブリッド型膜ろ過システムの流動解析	CFD of Water Purification System by a Collaboration of Biological Treatment and Membrane Filtration
9 上水向け紫外線処理装置 —流動解析による紫外線照射量の 評価と実証試験—	Ultraviolet (UV) Disinfection System for Drinking Water Treatment
15 双曲面形攪拌機 (パビオミックス)	Hyperboloid Mixer, PABIOMix
21 最新ガス化溶融施設	Introduction of the Latest MSW Gasification and Melting Plant
29 「グラスライニング製コンパクトコンデンサー」の商品化	The Commercialization of "Glasslined Compact Condenser"
33 遠隔監視システム “ウォーターアイ (WaterEye™)” の稼動実績	Application of WaterEye™ as Web-based Remote Monitoring System
39 管理型最終処分場 “イー・アール・シー高城” —空間とともに安心を提供いたします—	E.R.C.TAKAJYO, Controlled Type of Landfill Site
52 製品・技術紹介	

今、また衛生工学の重要性が高まっている



北海道大学大学院 教授
工学研究科環境創生工学専攻

工学博士 **船 水 尚 行**
Naoyuki Funamizu

「世界は水の危機に瀕している」という認識が広まってから久しい。水の問題のなかで、安全な水を世界中の人に等しく配ることは緊急の課題の一つである。UNICEFは貧困のループという考えを示している。「健康状態の悪化」→「低生産性」→「低収入」→「栄養不良」→「健康状態の悪化」というループである。このなかで非衛生的な環境、公衆衛生の不徹底がこのループを回す一つの要因と認識されている。まさに衛生工学の基本である。この貧困のループを断ち切るためには、多様な分野の専門家、住民、地方政府、NGOなどがチームを組んで働かねばならない。このチームのなかで「水」の技術者の役割は重要である。飲用の水、衛生状態を保つための水、食料生産の水の供給と、水利用にともない排出されるし尿や汚染物質、病原微生物の水循環系からの排除、そして資源再利用である。

しかし、現在の世界経済の状況を考えれば、世界中に日本にあるような上下水道システムを普及させることは不可能であることは容易に想像される。水と衛生問題に貢献するために、新たな理念構築とそれを実現する技術が求められている。

新しい排水処理の考え方を提案したい。私は「集めない」、「混ぜない」排水処理を提案している。新しいシステムの絵を描くために、現在の世界の水資源の状況から、まず「水を用いないサニテーション」という要請を取上げた。これが、水をもちいて「集めない」処理に繋がる。次に、水のシステムは人間活動を支えるシステムとして多様な機能を保有すべきとの考えから、サニテーションシステムは単に公衆衛生のための施設ではなく、「資源循環、環境水の水質保全の機能も有すべき」と考えた。資源回収のためには、「混ぜない」となる。また、「これまでの処理技術開発は、どのような質の排水であれ、目的とする水質に処理することを志向してきた。しかし、逆に、処理しやすい排水を発生源で設計することができないであろうか？」と課題設定し、「発生源における排水質の設計」という考えを加えた。これも「混ぜない」処理に繋がる。この発生源における水質管理の発想は、現代の課題である医薬品等の微量汚染物質の管理もサニテーションシステムに関連づけることとなる。加えて、「現在の水利用システムは均一化が過度に進みすぎていないか、各地域に伝わる水に関わる地域固有の文化の危機ではないか」との問題も取上げるべきと考えた。この「集めない」、「混ぜない」という考えは現在の下水道システムのまったく逆の状況を構想している訳である。

2008年は国連の定めた国際衛生年であった。これは、水と衛生の分野、特に衛生分野でミレニアム開発目標の達成が難しいという認識のもとに実施された。2015年までにどこまで事態が改善するか依然として不明確であると認識している。日本は水と衛生分野でその技術、システム、そして水・衛生システムを支える社会システムで十分な経験を有している。これからの努力が必要である。今、日本の力が問われている。

ハイブリッド型膜ろ過システムの流動解析

CFD of Water Purification System by a Collaboration of Biological Treatment and Membrane Filtration



村上吉明*
Yoshiaki Murakami



高田一貴**
Kazutaka Takata
(工学博士)

当社は生物活性炭処理と膜処理のハイブリッド型浄水処理システムを開発してきた。¹⁾ 本システムは、膜処理だけでは除去困難な溶解性物質を多く含む原水に対しとくに有効であり、薬剤の使用が不要であることや省スペース化が図れるなどの特長を有する。

本報では、造水コストの低減を目的として空気の吹込み量低減に向けた検討を流動解析の手法をもちいて実施した。その結果、装置形状を見直すことで同量の空気吹込み量でも底部流速を30%程度増加可能と期待でき、同程度の底部流速を確保するには必要動力を45 %程度削減できることがわかった。造水単価低減につながる改善結果がえられたので、概要を報告する。

A water purification system by the collaboration of the biological treatment and membrane filtration has developed so far. This system has high applicability for the raw water having relatively high amount of soluble materials such as iron, manganese, ammonium nitrogen, and natural organic matters, those cannot be processed by a membrane. Also this system has advantage such as no chemical usage and small installation area compared with conventional treatment method. In this report, for further improvement against the energy consumption, minimization of aeration for fluidising the biological activated carbon has been examined by way of an experiment and Computational fluid dynamics using test equipment. The results by the CFD indicate that shape of aeration device shall be improved, and this improvement can lead to the increment of flow velocity about 30 % at the bottom of tank so that the aeration energy is expected to be reduced to 45 %.

Key Words :

水	道	Drinking water
高	度	Advanced treatment
膜	ろ	Membrane filtration
流	動	Computational fluid dynamics (CFD)
混	相	Multiphase flow

【セールスポイント】

省エネルギーでコンパクトな次世代型浄水処理システムを提供する。

まえがき

水道原水となる地下水や表流水には、溶解性の鉄・マンガン、有機物等が多く含まれている。従来、これらの成分の処理には、薬剤添加、曝気による酸化処理をおこなった後に、凝集沈殿、ろ過する方法が広くもちいられてきた。しかし、これらの方法は、溶存物質の除去のために薬剤を投入する場合が多く、真に安全でおいしい水の概念を損なうばかりでなく、薬剤使用に起因する廃棄物（汚泥）発生という短所もある。そこで、当社は前段に生物活性炭処理、後段に膜処理を持ち、薬剤が不要なハイブリッドシステムを開発してきた。¹⁾ 本システムは、前段の生物・活性炭処理により溶解鉄・マンガンなどの溶解性無機物、フミン酸やフルボ酸に代表される天然有機物を無薬注で処理し、さらに後段の膜処理によって懸濁物質を除去することにより処理水をえることができる。

生物・活性炭処理槽では、生物処理槽下部に設置されたドラフトチューブに空気を送り込み、エアリフト方式により生物処理槽内水を流動させ、活性炭を浮遊させている。本システムは、省スペースであり、薬剤が不要であるなど環境負荷の低いシステムとなっているが、さらなる環境負荷低減のためには、エアレーションにおける空気量の低減により運転のエネルギーを減少させることが重要な課題となる。そこで、本検討では、流動の数値解析の手法をもちいて、生物・活性炭槽内の流動を最適化してエアレー

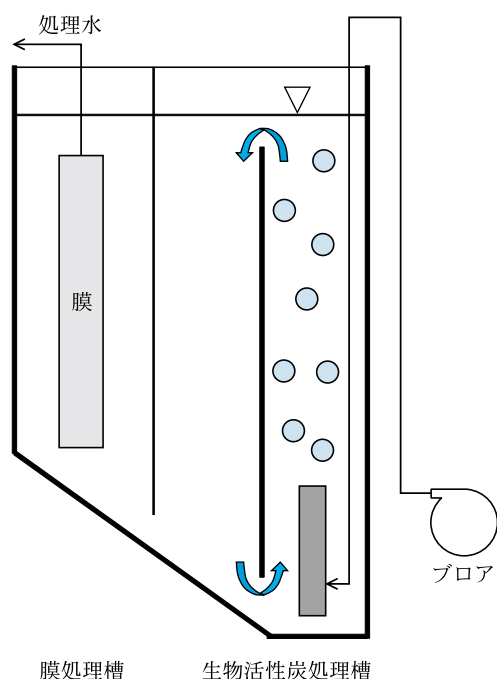


図1 ハイブリッドシステム装置概略図

ション量の最小化を試み、可視化実験装置（以下、実験装置と略称）によりその妥当性を検証した。

1. 実験装置および実験方法

実験装置の概要を図1、外観を写真1にそれぞれ示す。生物・活性炭処理槽には、循環流を形成するためのエアリフト用ドラフトチューブと仕切り版が設けられている。ドラフトチューブから空気を送り込むことで槽内の水が流動し、活性炭を浮遊させることができる。一定時間滞留させた水は膜処理装置を通じてろ過され処理水をえる。

実験では、視認性を向上させるため、模擬活性炭としてPVC系合成樹脂を主成分とするビーズを使用した。ビーズの物性値を表1に示す。このビーズは活性炭と比較してもほぼ同程度の密度を持ち、粒



写真1 実験装置外観（高さ2 m，幅900 mm）

表1 ビーズの物性値

材 質	PVC 系合成樹脂	活 性 炭
密 度 (kg/m ³)	1 400	1 300
代表粒径 (mm)	2.3	0.5

径が4倍程度であることから、ビーズを浮遊させることができれば活性炭も浮遊させることができ、模擬粒子として妥当と考えられる。

実験装置では、空気量を10～20 L/min の2段階で変化させ、泡および活性炭の挙動を確認した。挙動の確認には高速度カメラ MEMRECAM fx-6000（ナック社製）をもちい、ドラフトチューブの出口付近および装置中段部分をそれぞれ毎秒30コマで500コマ撮影した。

2. 流動解析による流動状態の確認

実験装置内の流動を、流動解析によって再現することを試みた。流動解析には FLUENT6.3（ANSYS 社）をもちいた。計算モデルは、形状が変化する気泡を表現するために混相流モデルである VOF モデル、乱流モデルには標準 $k-\epsilon$ モデルをもちいて非定常計算をおこなった。

計算領域を図2、物性条件を表2に示す。今回の検討では、生物・活性炭処理槽のみを計算領域とした。メッシュは1辺3mm程度の6面体メッシュとし、計算負荷低減のために対称境界をもちいて約17万メッシュで計算した。計算の時間間隔は1msとし、装置内の水の循環速度を考えると約7秒で1周

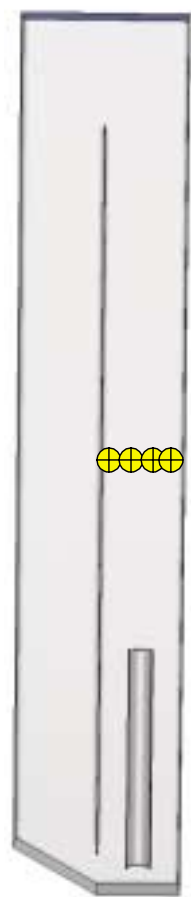


図2 計算領域

以上することから、全体で10秒間計算した。また、図中の丸印で示した点で、計算開始5秒後から10秒後までの5秒間の流速をプロットし計算結果と観察結果とを比較した。さらに、計算後の流れ場に対してビーズを模擬した粒子を流し、実際の粒子の軌跡が再現できるか確認した。粒子軌跡の計算には分散相モデル（DPM モデル）を使用した。

3. 結果および考察

3.1 実験結果と計算結果との比較

(1) 実験結果

10 L/min で散気した時におけるドラフトチューブ上部の状況を写真2、10 L/min および20L/min で散気したときにおける装置中段部分の状況をそれぞれ写真3、4に示す。白い粒状の物体がビーズで、大きな塊状のものが気泡である。空気流量10 L/min の時は、ドラフトチューブからは1秒間に約3回の割合で直径約40 mm の気泡が上向きに流速約20 cm/s で上昇した。水中で上記のような単一気泡が上昇すると、気泡は開いた笠状の気泡を形成する。²⁾ しかし、本検討では気泡群を内へ吹き込んでいる。水中における空気群の体積比率を α とすると、水の見

表2 物性条件

物性条件	空気	密度(kg/m ³)	1.225
		粘性係数(Pa・s)	1.79×10^{-5}
	水	密度(kg/m ³)	998.2
		粘性係数(Pa・s)	1.00×10^{-3}
	空気-水	表面張力(N/m)	7.35×10^{-2}



写真2 ドラフトチューブ出口における気泡の様子 (10 L/min)



写真3 装置中段部分における気泡の様子 (10 L/min)

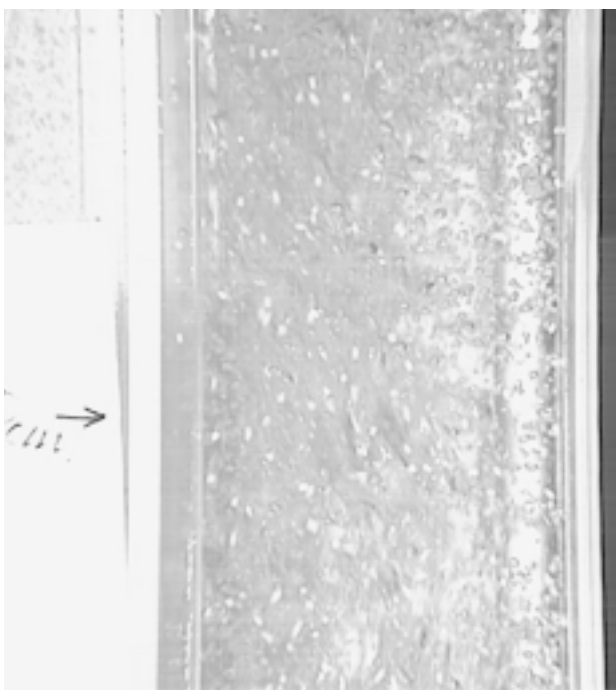


写真4 装置中段部分における気泡の様子 (20 L/min)

かけ粘度は $\frac{1}{(1-\alpha)^{2.5}}$ に比例して増加する。これは、気泡の運動により周囲の水が応力を受けるためで、見かけの Re 数は低下する。³⁾ その結果、発生した笠状の気泡は不安定化されて、²⁾ 分裂しやすくなると予測される。そのため、ドラフトチューブを出た気泡は、装置中段では直径30~40 mm 程度の粗大気泡と直径2~7 mm 程度の多数の気泡群になった。粗大気泡は1秒当たり1.7個の割合で確認され、約

半分の気泡は分裂して小さな気泡になったと考えられる。

空気流量20 L/min の時は、ドラフトチューブ出口では、複数の気泡が完全には切れずにドラフトチューブから出てきた。また、装置中段部分では気泡は分裂しながら上昇し、槽内が小さな気泡群で覆われていたため、1つ1つの気泡の区別は困難であった。ただし、10 L/min の時と20 L/min の時とを比較すると、装置中段部における気泡の上昇速度は同程度であったが、ビーズの数密度は20 L/min の時の方が2.4程度大きかった。

ビーズが多く浮遊するには次のいずれかもしくは両方の条件を満たす必要がある。

- ① 沈降しているビーズを多く浮上させる。
- ② 一度浮上したビーズが沈降しない。

① 沈降しているビーズを多く浮上させる

ドラフトチューブに導入された空気が上昇すると、周囲の水は粘性のために引きずられて上昇する。チューブ内の気泡の上昇速度に変化はなかったから、気泡の形状により水に与える影響が小さいと仮定すれば、水を持上げるエネルギーは気泡の流入速度によって定まると推測される。そのため、流量増加によって底部の圧力が低下し、ビーズがより多く浮上すると考えられる。

② 一度浮上したビーズが沈降しない

気泡が水の流れに追従するかどうかの判断にはストークス数をもちいた。ここで、ストークス数 St は $St = \frac{\Delta\rho r^2 u}{\mu L}$ で表わされる。ただし、 μ は水の粘性係数、 L は代表長さ、 $\Delta\rho$ は水と気泡の密度差、 r は気泡の半径であり、 u は代表速度である。 St が1よりも十分に小さければ気泡は水の流れに追従し、逆に1よりも十分に大きいと水の流れと無関係に運動する。小さな気泡のストークス数は0.008~0.1程度であり、1よりも十分に小さいため、水の流れにほぼ追従すると考えられる。すなわち、上向きの流速に実際に寄与するのは主に粗大気泡と考えられる。

ところが、水中に存在する気泡の体積比率が増加すると、粒子の終端速度は $(1-\alpha)^{4.5}$ に比例して小さくなる。⁶⁾ すなわち、 $\alpha = 0.1$ 程度では、活性炭の沈降速度は気泡が存在しない状態と比較して62%程度まで小さくなるため、より多くの活性炭を浮遊させることができる。そのため、空気の吹込み量増大により、多くのビーズを浮遊させることができ

たと推測される。

以上から、効率的に活性炭を浮遊させるには、粗大気泡と小さな気泡とを混在させ、粗大気泡によって上向き流を形成し、小さな気泡によって沈降速度を低下させることが必要と考えられる。また、底部の圧力を低下させるためには、ドラフトチューブ自体の圧力損失を低下させる必要がある。

(2) 計算結果

計算後の装置断面における流速コンターおよび装置内の気泡の流動挙動をそれぞれ図3、4に示す。装置中段部における流速をビデオ撮影結果とシミュレーション結果とで比較すると、ビデオ撮影結果では0.3~0.4 m/s、一方シミュレーション結果では約0.6 m/sとなった。シミュレーションでは、気泡の分裂を十分に再現できておらず、気泡の上昇速度が大きく評価されたものと推測された。ただし、一部の気泡では、上昇に従って分裂する現象も表現された。分裂後の気泡にはメッシュサイズよりも小さいものも存在するため、今回の計算ではそれら微小気泡は表現できていないが、全体の流れを表現するには粗

大気泡の挙動が支配的であることから、本計算により流動状況は再現できていると考えられる。

さらに、計算でできた流れ場を定常状態として、そこに活性炭を模擬した粒子を置いた時に活性炭が浮遊するかどうか確認した。活性炭を模擬した粒子の軌跡をそれぞれ図5のa、bに示す。活性炭を模擬した粒子の物性を表1に示す。本検討では10個の粒子を水槽の底から5 cmの位置に配置して、その軌跡を確認した。空気の吹込み量を増加させると、活性炭は水槽上部まで速やかに上昇した後、一部は循環し一部は停滞した。循環した活性炭の数自体は変化が見られなかったが、浮遊速度が上昇したため、水槽上部における活性炭の数密度は上昇する傾向を再現できている。現実の系では、気泡の影響によって見かけ上の粘度が上昇するため、水槽上部に停滞する活性炭量はさらに増加する。以上から、活性炭の浮遊状況についても流動解析によって傾向を再現できると考えられる。

そこで、計算結果に基づき、性能改善に向けた運転条件並びに装置形状の検討を実施した。

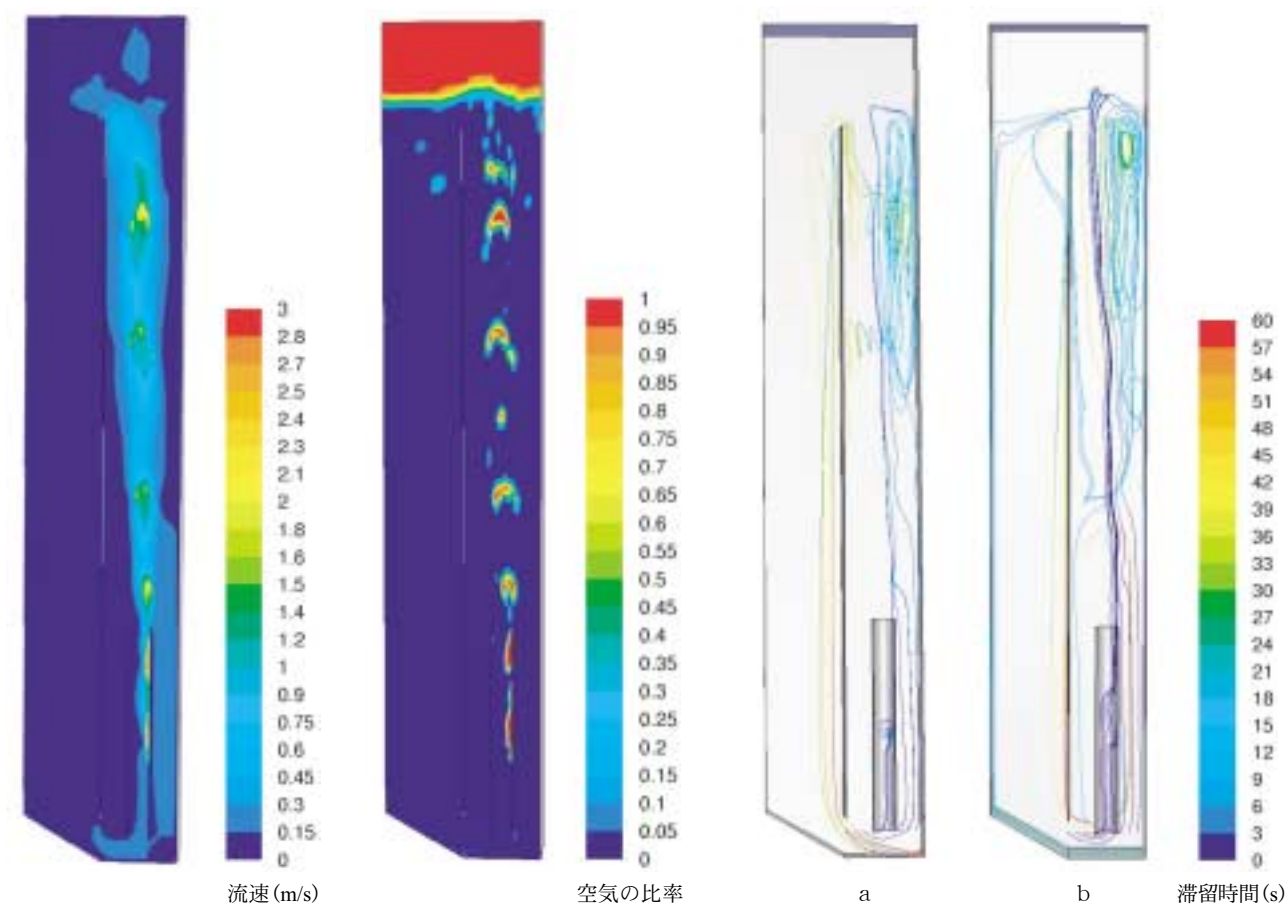


図3 装置断面の流速コンター (10 L/min)

図4 装置断面の気泡の様子 (10 L/min)

図5 模擬粒子の粒子軌跡 (左: 10 L/min, 右: 20 L/min)

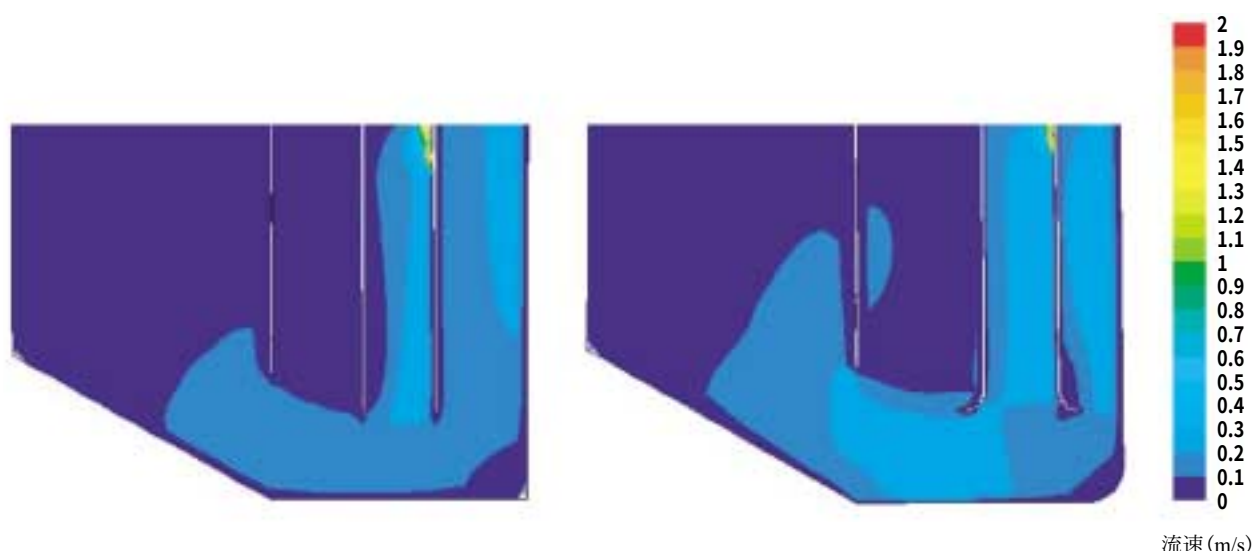


図6 変更前後形状における底部流速コンター

3. 2 形状最適化に向けた検討

エアリフトの気泡をより効率的に活用するには、粗大気泡と小さな気泡とが共存する状態を維持することが効果的と考えられる。現状のドラフトチューブ内には粗大気泡と微細気泡とが混在している。水中における気泡形状を考慮すると、チューブ径については現状を維持することが妥当と判断された。

(1) 水槽本体形状

流速はドラフトチューブ内部でもっとも大きくなったが、ドラフトチューブの外側と比較すると、水槽の外側を循環する水の方が流速は大きくなった。これは、下向き流れが再び上向き流れに変化する際、仕切り版によって流路がいったん絞られるため、噴流を形成して、外側の流速が大きくなったと考えられる。外側を循環している水に、より効率的にエネルギーを与えるには、ドラフトチューブは水の流速ができるだけ大きな流路に設置して流れをできるだけ曲げないことが必要と考えられる。

また、装置の隅の部分はよどみ点となるため、圧力損失が上昇し、さらに活性炭が沈降すると予測される。

(2) ドラフトチューブ形状

ドラフトチューブへの出入り時における圧力損失を低下させることで、より効率的にエネルギーを水に与えられると考えられる。現状の形状は流路に急縮小する流路が存在するだけなので、入口付近に剥離流が存在する。また、出口部分でも断面積がジャンプしている。管内において、断面積が A_1 から A_2 に急激に拡大すると、損失係数は $\left[1 - \frac{A_1}{A_2}\right]^2$ に比例する。⁵⁾

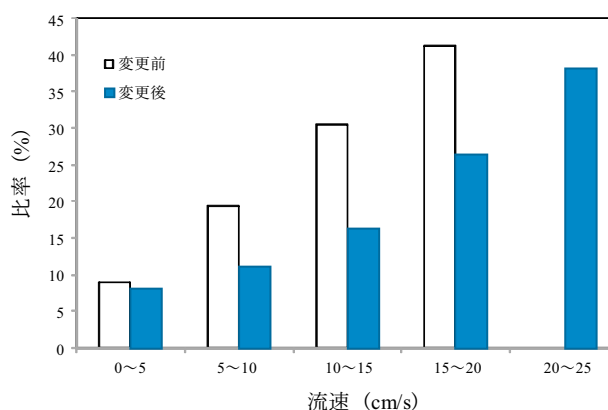


図7 形状変更前後における底部流速の比率の変化

(3) ドラフトチューブ設置位置

流速はドラフトチューブから離れるほど低下する。ドラフトチューブ設置の目的は活性炭を底部に沈降させないことであり、そのためには底部流速を上昇させる必要がある。底部流速の確保にはドラフトチューブの設置位置をできるだけ低く設置することが有効と考えられた。なお、実際には活性炭と生物処理槽内の浮遊生物種の摩擦により生物の壊砕現象が起きるため、過度な流速確保は処理性を悪化させる。そのため、処理水性状と設置位置を確認しながら最適な設置位置を定めた。

装置の撮影結果および計算結果に基づき、ドラフトチューブの形状、寸法、設置位置を上記考えに基づき調整することにより、より効率的に活性炭を浮遊させることが可能かどうか検討した。

形状、寸法、設置位置および変更前後の底部付近における流速コンターおよび形状変更前後における水槽の底から2cmの高さにおける流速（これを底部流速とした）の比率をそれぞれ図6、7に示す。

空気流量は初期形状と同様であるが、底部速度が10 cm/s 以下の領域は10 %低減しており、平均流速は30 %程度上昇した。また、初期形状と同等の底部流速とするのに必要な空気量および必要動力は45 %低減できることが確認された。

なお、今回の検討は小型装置を対象としたものであるが、スケールアップ後の大型装置に対しては、水の容積に対する空気量が低下するため沈降速度が上昇してより多くの活性炭の沈降が予測される懸念事項に対して、的確な指針を与えることが可能になると考えられる。

む す び

流動解析をもちいてハイブリッド型膜ろ過システムの性能向上に向けた検討をおこなった。生物処理槽内は複雑な気固液三相流動状態となっているが、

性能改善に向けた定量化に気液混相流と粒子追跡法による流動解析が有用なツールになりうることが確認された。本手法を活用することにより、初期形状と同等の底部流速とするのに必要な空気量は45 %低減でき、より経済的なシステム構築に可能性を示すことができたと考えられる。

【参考文献】

- 1) 高田一貴ら：神鋼環境ソリューション技報，Vol.4 No.2 (2008)
- 2) H.C. Brinkman: J. Chem. Phys., 20 (1952) 571.
- 3) 拓殖秀樹：化学工学の進歩 16-気泡・液滴・分散工学，化学工学協会編
- 4) 日本機械学会：管路・ダクトの流体抵抗 (1998)
- 5) N.Zuber: Chem. Eng. Sci., 19 (1964) 897.

*技術開発本部 プロセス技術開発部 新規プロセス室 **技術開発本部 水・汚泥技術開発部 水処理室

上水向け紫外線処理装置

Ultraviolet (UV) Disinfection System for Drinking Water Treatment

—流動解析による紫外線照射量の評価と実証試験—



平井友希子*
Yukiko Hirai



村上吉明**
Yoshiaki Murakami



三浦雅彦*
Masahiko Miura
(農学博士)



奥西孝浩***
Takahiro Okunishi



森藤昭博***
Akihiro Morito

クリプトスポリジウムなど耐塩素性病原微生物への対策としてろ過処理に加えて紫外線処理が認められ、浄水処理への導入が進んでいる。当社でも、紫外線処理装置をラインナップし、財団法人水道技術研究センター（以下、水道技術研究センター）の装置認定を取得した。

本報では、装置認定を取得した紫外線処理装置について流動解析により紫外線照射量を算出し、微生物実験による消毒性能と流動解析結果との整合性を評価した。さらに、その計算結果をもとにした処理条件において装置の安定運転と処理性能の実証実験をおこなった。

その結果、流動解析による紫外線照射量の評価が妥当であることが確認できた。また、実証試験では、十分な消毒性能があることと安定した運転が可能であることが確認できた。流動解析を基に紫外線処理装置を設計することは、浄水処理に適用する際に有効な手段となると考えられる。

Recently, ultraviolet (UV) radiation system is approved for disinfection treatment of chlorine resistant pathogenic microbes, such as cryptosporidium, for drinking water treatment. In this report, we calculate the UV dose of UV radiation reactor using computational fluid dynamics (CFD). Furthermore, we performed the verification test for evaluation of disinfection capability and operation stability of UV disinfection system in the running conditions based on the CFD calculation. The results of verification test show that the system has reliable disinfection and stable operation capability.

Key Words :

紫 外 線
クリプトスポリジウム
紫 外 線 照 射 量
実 証 試 験
流 動 解 析

Ultraviolet radiation
Cryptosporidium
Ultraviolet dose
Verification test
Computational fluid dynamics (CFD)

ま え が き

近年、クリプトスポリジウム（写真1）やジアルジアといった耐塩素性病原微生物が水道水源を汚染し、世界各国で多数の水系集団感染を引き起こしている。感染した場合、水様性下痢、吐き気、腹痛などの症状を発症する。我が国でも、1996年に埼玉県越生町で水道水が直接の感染経路となった約9 000

人の発症が報告されている。¹⁾

その対策として、厚生労働省は、1996年に「水道におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針」を策定し、水道水源に上記微生物の汚染の恐れがある場合にはろ過設備を設け、濁度管理の指導をおこなった。しかしながら、2005年度末時点での全国の浄水施設21 609施設のうち、6 045施設がクリプトスポリジウ

ム等による汚染の恐れがあると判断されているが、2 677施設では未だ対策が実施できていない状況であった。²⁾ また、このような施設の77 %は簡易水道などの地下水を水源とした小規模施設であり、膜ろ過などの施設整備が財政的に困難な事業所が多い。

このような背景のなか、厚生労働省は2007年4月1日に「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」を策定し、限定的ではあるが紫外線処理をク



写真1 クリプトスポリジウム (600倍)

リプトスポリジウム等対策の処理として位置付けたことから、今後、浄水場への紫外線処理の導入が拡大していくものと考えられる。

紫外線処理、オゾン処理および膜ろ過の比較を表1に示す。紫外線処理は、消毒副生成物の懸念が少なく、維持管理も容易であるという特長を有している。この消毒機構は、照射された250~270 nm 付近の紫外線のエネルギーがDNA に吸収され傷つけることにより、DNA の相補的複製が不可能となり、微生物の感染性、増殖能力が失われることにより説明されている。

本報では、水道技術研究センターの装置認定取得を進めている当社の紫外線処理装置のラインアップを紹介する。さらに、そのなかの1機種についての流動解析による紫外線照射量の評価および、消毒性能と安定運転確認のための実証試験結果を報告する。

1. 紫外線処理装置

当社の紫外線処理装置の特長を以下に記すとともに各装置の仕様を表2に示す。

- ・消毒効率が高い、低圧高出力アマルガムランプを使用している
- ・高い紫外線反射率を確保するため、照射槽内に鏡面仕上げを施している

表1 紫外線処理、オゾン処理、膜ろ過の比較

	消毒 (除去) 機構	長 所	短 所
紫外線処理	UV 吸収によるDNA 損傷 (不活化)	・小 型 ・低コスト ・副生成物なし	・高濁度水不可
オゾン処理	細胞膜損傷 DNA 損傷	・臭気除去 ・鉄・マンガンの酸化	・操作性 ・副生成物の生成
膜 ろ 過	物理的除去	・クリプトスポリジウム そのものを除去 ・高濁度水可	・大 型 ・高コスト

表2 試験装置仕様

横 置 型

		SPW-2	SPW-3	SPW-5 **	SPW-8 **	SPWL-8 *
処理水量	m ³ /d	2 510	4 980	8 580	14 315	30 000
ランプ本数	本	2	3	5	8	8
消費電力	kW	0.75	1.01	1.55	2.3	2.9

縦 置 型

		SPM-1 **	SPM-2 **	SPM-3 **	SPM-5 *
処理水量	m ³ /d	700	1 325	1 830	6 000
ランプ本数	本	1	2	3	5
消費電力	kW	0.4	0.55	0.7	1.0

処理水量：水道技術研究センター基準適合認定値 * SPWL-8およびSPM-5は、現在申請準備中

** SPW-5、-8およびSPM-1、-2、-3は、現在変更申請準備中 (処理水量増加)

- ・砂噛みなどが無い、水平押出自動ワイパ（電動シリンダ式）を使用している
- ・複数のワイパ設置により、整流効果を確保している
- ・複数のワイパ設置により、ストロークが短く、ブレード寿命が長くなるよう考慮している
- ・ランプ寿命：9 000時間（3 回未満/日の ON/OFF の場合）
- ・どのランプが劣化しているか特定しやすいように、UV センサーを2 個、別々の石英管内に設置している
- ・UV センサーを石英管内に設けることで、石英管内がランプで加熱されているため、結露による UV センサーへの影響を低減している

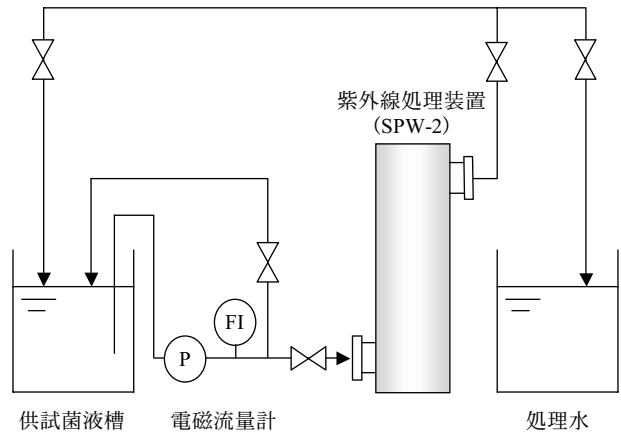


図1 微生物試験フロー

2. 流動解析による紫外線照射量の評価

2.1 評価方法

同一系列中で処理水量の少ない SPW-2 をもちいて微生物試験から算出する紫外線有効照射量（以下 RED）と流動解析から算出する RED 比較し、流動解析の妥当性を確認した。なお、RED の算出は紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準³⁾に従った。その上で、実証試験に使用する装置（SPW-3）の紫外線照射量が、水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針の基準である 10 mJ/cm^2 以上を確保するかを評価した。

2.1.1 微生物試験

試験フローを図1に示す。試験は、以下の手法で実施した。

- ・脱塩した水道水に、菌液を添加し、定量可能な濃度（ $5 \times 10^5 \text{ PFU/mL}$ ）に調整した。
- ・紫外線処理消毒装置（SPW-2）に供試菌液を通水して紫外線照射をおこない、生物線量計により RED を測定した。
- ・供試微生物として、大腸菌ファージ Q β をもちいた。
- ・試験は3 回おこなった。

2.1.2 流動解析

解析には、汎用熱流体解析コード FLUENT6.3（ANSYS 社）をもちいた。乱流モデルは、標準 k- ϵ モデルを使用し、流入口から様な流速をもった水を流入させた。解析は、以下の手法で実施した。解析条件は、表3のとおりとした。

- ・定常計算によって流れ場を作り、収束確認後、非定常計算に切り換え、その時刻を $t = 0$ として装置入口にトレーサを模擬した粒子を流入させた。
- ・非定常計算では、模擬粒子を流入させ、時間間隔

表3 解析条件

		SPW-2	SPW-3
物性条件	水		
	密度 (kg/m^3)	998.2	
	粘性係数 ($\text{kg/m}\cdot\text{s}$)	0.001003	
	トレーサ		
装置条件	密度 (kg/m^3)	1 550	
	粒径 (m)	1.0×10^{-6}	
	流量 (m^3/d)	2 510	4 600
	ランプ本数 (本)	2	3
流入条件	UVC 出力 (W/本) (波長254 nm)	84	
	k (m^2/s^2)	3.35×10^{-4}	1.52×10^{-4}
	ϵ (m^2/s^3)	1.00×10^{-2}	2.08×10^{-3}
	トレーサ粒子数 (個)	139	627

を 5×10^{-3} 秒として10秒間計算をおこない、各時刻での粒子の座標を求めた。

- ・槽内の各地点における照射強度は、拡散光モデルをもちいて求め、各粒子の座標を基に、RED および紫外線照射量を求めた。

2.2 結果および考察

2.2.1 流動解析の妥当性

SPW-2において、微生物試験による RED は、平均値33.1（35.6～31.1） mJ/cm^2 となり、流動解析による RED は26.9 mJ/cm^2 となった。流動解析の RED は、微生物試験の RED と比較して低い値を示した。同装置では、紫外線照射槽内面に鏡面仕上げを施していることから、紫外線の壁面反射効率により微生物試験結果が流動解析を上回ったと考えられる。こ

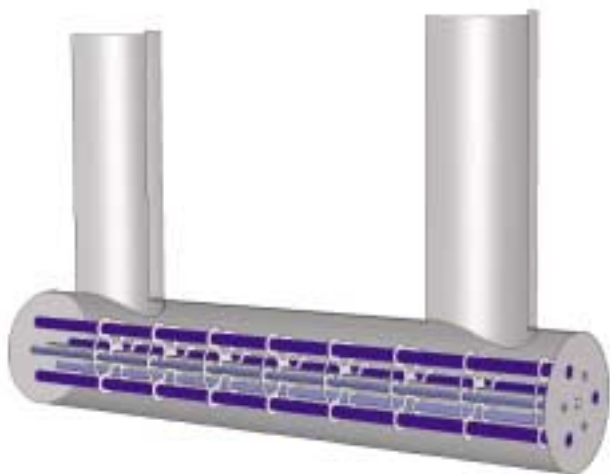


図2 解析モデル (SPW-3)

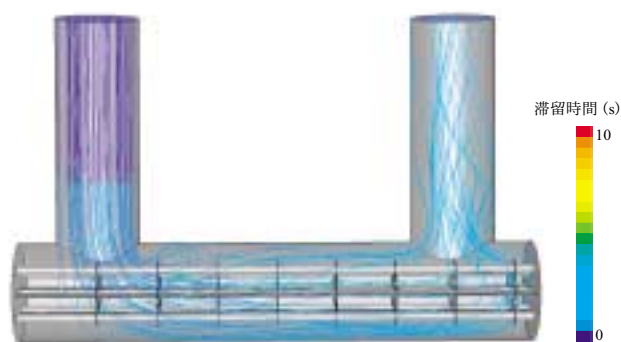


図3 流線図 (SPW-3)

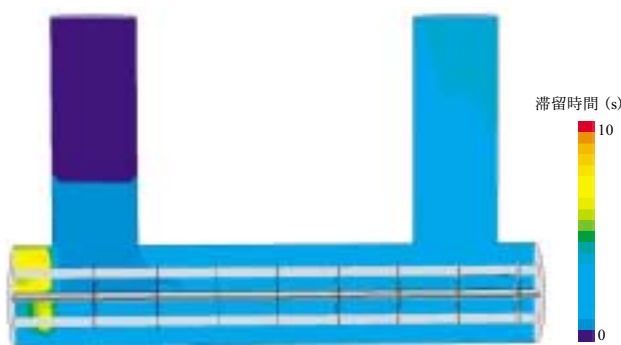


図4 滞留時間コンター図 (SPW-3)

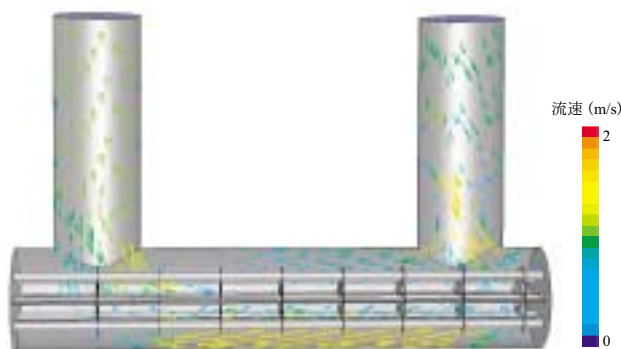


図5 ベクトル図 (SPW-3)

のことから、流動解析による紫外線照射量の評価は、実装置に対して安全側の評価となり、この値が基準を満たしていれば、実装置においてはより基準を満足すると考えられる。また、流動解析により、単位水量あたりの紫外線照射量が全処理量の95%の処理水に対して22.8 mJ/cm²以上となり、10 mJ/cm²以上を確保することが確認できた。

以上より、本流動解析による紫外線照射量の評価は、妥当であると判断された。

2. 2. 2 実証装置の紫外線照射量の評価

SPW-3の解析モデルを図2に示す。また、流動解析によりえられた流線図、滞留時間コンター図およびベクトル図を、図3～5に示す。



写真2 実証装置写真 (SPW-3)

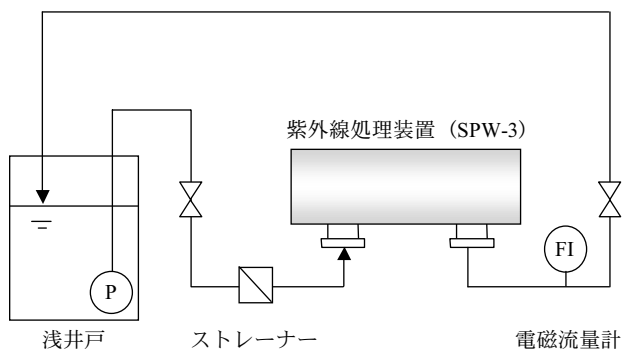


図6 実証試験フロー

流入した水は、噴流となって照射槽内に流入するため、流入口の対面の壁側では流速が大きくなる。その後、石英管および8枚のワイパが整流板となり、滞留時間がほぼ一様となっていることが確認できる。今回の装置および配管径の条件におけるREDは23.2 mJ/cm²であった。また、単位水量あたりの紫外線照射量については、全処理量の95%の処理水に対して、16.6 mJ/cm²以上となり、基準の10 mJ/cm²以上を確保することが確認できた。

3. 実証試験

3.1 運転条件と評価

装置写真を写真2に、試験フローを図6に示す。原水は井戸水とし、処理水量は4 600 m³/dとした。ランプのON/OFF頻度は20回/日程度とし、実運転での設定回数よりも負荷をかけた条件とした。

装置面ではランプ寿命を、性能面では消毒性と副生成物について評価した。ランプ寿命の目標は、9 000時間後に10 mJ/cm²を上回る設計値を超えることとした。消毒性の目標は大腸菌と芽胞菌が検出されないこととした。副生成物の目標は、臭素酸が検出されないこととした。

3.2 運転状況

現時点での運転時間は、2 900時間である。

ランプの紫外線強度維持率曲線（設計値）および連続測定している装置内の紫外線強度（実測値）を図7に示す。2 900時間経過時点での紫外線強度は、

94%であり、著しい低下は認められなかった。ランプ寿命としては、設計値と同等以上の紫外線強度を維持しており、9 000時間以上となると推測する。また、4 600 m³/d処理時における紫外線照射量としては、運転開始直後で75 mJ/cm²であったのに対し、2 900時間経過時点で70 mJ/cm²であった。ON/OFFの頻度が多い運用環境で安定した能力維持ができているのは、本装置がプレヒート回路（OFF時に常時微小出力にして常に点灯させる）を有しており、ON/OFF動作にともなう紫外線ランプへの負荷を低減させていることと、石英管の汚れの洗浄機能が十分であるためと考えられる。

3.3 水質

紫外線照射の消毒性の評価として、原水および紫外線照射処理水の大腸菌および芽胞菌の分析を実施

表4 水質分析結果 (n=3)

		原 水	処理水
濁 度	度	0.1	—
色 度	度	<1	—
E-254	/cm	0.004	0.003
大腸菌	個/100 mL	0	0
芽胞菌	CFU/L	0	0
臭酸イオン	mg/L	<0.10	—
臭素酸	mg/L	<0.001	<0.001

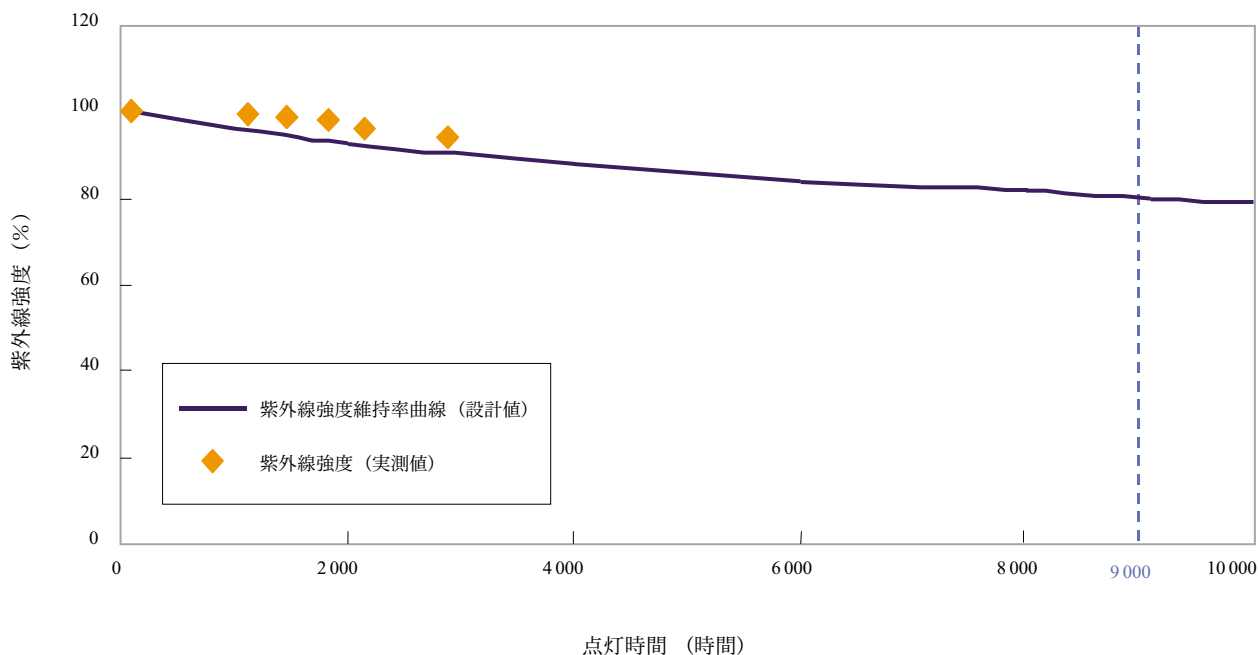


図7 紫外線強度維持率曲線（設計値）と紫外線強度（実測値）

したが、原水中にもこれらの微生物が検出されなかった。また、紫外線照射の副生成物の評価として、原水中の臭素イオンおよび処理水中の臭素酸の分析を実施したが、規定流量での紫外線照射では臭素化合物の変化が認められなかった。以上より、この原水への紫外線処理は問題ないと判断できる。

む す び

本実験は、現在も継続している。今回の試験結果より、流動解析による実装置の紫外線照射量評価が妥当であることが確認できた。また、本流動解析を基に設計した紫外線処理装置の実証試験をおこない、ランプ ON/OFF の頻度が多くなる設備においても、安定した運転が可能であることが確認できた。

流動解析を基に紫外線処理装置を設計することは、浄水プロセスに導入する際に有効な手段となると考えられる。

最後に、本実証実験を実施するにあたり、上郡町上下水道課の関係各位に多大なご助言、ご協力をいただきました。記して深謝申し上げます。また、微生物試験では、お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科 大瀧雅喜准教授の多大なご指導、ご協力をいただきました。記して深謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 藤原正弘・近藤博幸・中村洋：環境技術（上水道への紫外線処理導入の背景と現状 紫外線処理導入の背景）、Vol.37, No.3 (2008), p.197-201
- 2) 塚田源一郎：水道協会雑誌（水道におけるクリプトスポリジウム対策に係る紫外線照射の導入について）、Vol.76, No.11 (2007), p.2-4
- 3) 財団法人水道技術研究センター：紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準（低圧ランプ編）

*技術開発本部 水・汚泥技術開発 水処理室 **技術開発本部 プロセス技術開発部 新規プロセス室 ***水処理事業部 技術部 プロポーザル室

双曲面形攪拌機 (パビオミックス)

Hyperboloid Mixer, PABIOMix



上田 豊*
Yutaka Ueda



吉田忠広*
Tadahiro Yoshida

パビオミックスは、主に下水処理場の反応タンクの攪拌にもちいる攪拌機である。双曲面形の大きな攪拌翼を水槽底部でゆっくり回転させるため、低動力で底部流速を確保するとともに、駆動装置が水上部にあるためメンテナンスが容易である特長を有している。また、2008年上期現在、国内での納入実績は200基を超え、良好な攪拌性能を確保している。

本稿では、パビオミックスの仕様と特長を紹介するとともに、国内下水処理場での稼働状況を報告する。

PABIO Mix is a mixer to use for mixing of the reaction tank of the sewage treatment plants mainly. To rotate the big mixer of hyperboloid form slowly in the water tank bottom, it can secure bottom speed by low power. Moreover, its maintenance is easy because a reduction gear is installed outside the tank. The sales achievement in Japan became more than 200 sets as of 2008. In addition, the high mixing performance has been proven. In this report, we introduce specifications, characteristics and running data of PABIO Mix at the sewage treatment plants.

Key Words :

下 水 処 理	Sewage treatment
高 度 処 理	Advanced sewage treatment
嫌 気 槽	Anaerobic tank
無 酸 素 槽	Anoxic tank
攪 拌 機	Mixer
低 動 力	Low power
維持管理容易性	Maintainability

【セールスポイント】

低動力で反応タンクの攪拌が可能であるため、地球温暖化抑制へ寄与することができる。駆動部が水槽の外にあるため、メンテナンスが容易である。

ま え が き

近年、閉鎖性水域のさらなる水質改善や、処理水の再利用のため、下水の高度処理化が進められている。2005年6月には下水道法が改定され、閉鎖性水域の水質環境基準の達成のため、流域別下水道整備

総合計画に、終末処理場からの放流水に含まれる窒素またはいんの終末処理場ごとの削減目標量および削減方法を定めることが義務付けられるようになった。このことから、高度処理化の流れはさらに加速するものと考えられる。

また、先進国の温室効果ガスの削減を規定する京都議定書が2005年2月に発効され、自治体の事業活動にともなう温室効果ガス排出量の中でも大きな割合を占めている下水道事業については、消費電力の低減が求められており、低動力な水処理機器のニーズは高まっている。

そのような背景のなか、2000年にドイツから導入した低動力攪拌機であるパビオミックスは、高度処理化および低動力ニーズに合致した機器として、下水処理場の反応タンクへの採用が増加しており、閉鎖性水域の環境保全ならびに地球温暖化抑制の一役をになっている。

本稿では、パビオミックス（写真1）の仕様と特長を紹介するとともに、納入実績および下水処理場での納入事例を報告する。

1. 用 途

パビオミックスは、嫌気状態を確保した状態で、活性汚泥の攪拌・混合をおこなう攪拌機である。パビオミックスはさらに、水深7m以下の標準槽設



写真1 パビオミックス外観

置型と、7mを超える深槽設置型の2種類に分けられる。

また、酸素を供給しながら攪拌する場合は、好気攪拌のパビオエアレーターがある（表1）。

下水処理の反応タンクにおける用途として、パビオミックスは嫌気槽、無酸素槽で使用され、パビオエアレーターは、好気槽のほか、酸素を供給しない場合は嫌気攪拌も可能であることから、嫌気・好気兼用槽でも使用されている。

2. 構造・仕様

2.1 パビオミックス

図1にパビオミックスの構造を示す。標準槽設置型は大きく分けて、駆動装置、シャフト、攪拌翼の3つのパーツから構成される。

駆動装置は槽外に、FRP製の攪拌翼は水槽の底部に設置され、SUS製のシャフトが駆動装置からの動力を攪拌翼に伝えている。深槽設置型は、軸先端のブッシュの交換を容易にするため、シャフトが分割構造となっているほか、水槽底部に下部振止め

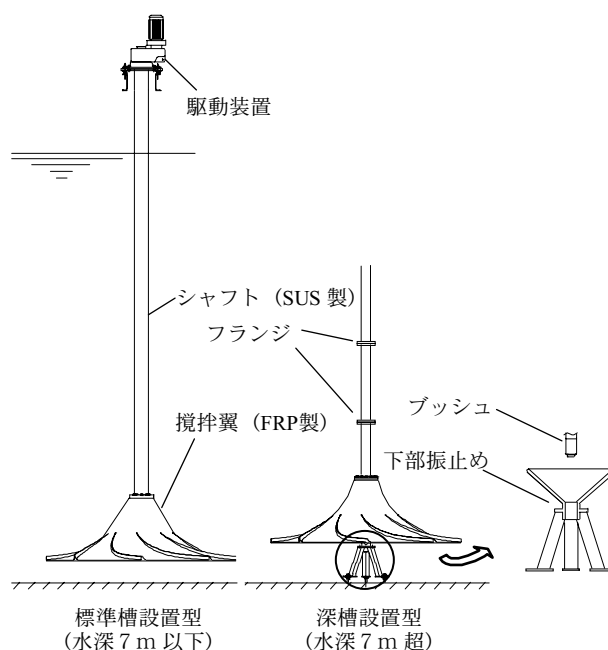


図1 パビオミックスの構造

表1 パビオミックスの分類と用途

種 類	適 用 水 深		主 な 用 途
パビオミックス (PABIO Mix)	標準槽設置型	7m以下	下水処理の嫌気槽・無酸素槽
	深槽設置型	7mを超える場合	
パビオエアレーター (PABIO Aerator)	8m以下		下水処理の好気槽・嫌気好気兼用槽

表2 パビオミックスの標準仕様

項 目	標準槽設置型	深槽設置型
攪拌翼径 (mm)	φ 2 000, 2 300, 2 500 mm	φ 2 500 mm
モーター定格出力 (kW)	0.4～5.5	1.5～11

がついている。

表2にパビオミックスの標準仕様を示す。

標準槽設置型の場合、下水処理向けには攪拌翼径 2 000 mm, 2 300 mm, 2 500 mm の 3 種類を標準機種として設定しており、設置する槽の形状に応じて翼径を選定する。減速機の動力は翼径および水槽の形状により 0.4～5.5 kW までのシリーズがある。

水深が 7 m を超える深槽設置型の場合は、攪拌翼径 2 500 mm を標準とし、電動機出力は、水槽の形状により 1.5 kW～11 kW でシリーズ化している。

2.2 パビオエアレーター

図2にパビオエアレーターの構造を示す。水槽底盤にリングスパージャと呼ばれる散気管と、下部振止めが設置される。また、攪拌翼の先端部に剪断リブが付属しており、リングスパージャから散気した気泡を攪拌翼周囲の剪断リブで微細化するため、効率良く水中に酸素を溶解することが可能である。

表3にパビオエアレーターの標準仕様を示す。

下水処理向けには攪拌翼径 1 500 mm, 2 000 mm, 2 500 mm の 3 種類を標準機種として設定しており、設置する槽の形状および必要な酸素供給能力に応じて翼径を選定する。

電動機の出力は、翼径および水槽の形状により 3.7～11 kW までシリーズ化している。酸素供給能力は 6～88 kgO₂/h である。

3. 特 長

パビオミックスの特長として次のような項目が挙げられる。また、表4に、従来型の攪拌機である水中攪拌機との比較を示す。

3.1 低 動 力

攪拌混合に適した双曲面形の攪拌翼を、水槽中央の底部付近で低速回転させるため、底部を効率よく攪拌し、小さな動力で十分な底部流速をえることができる。

図3は攪拌の状況を可視化したものであるが、効率良く槽底部の流速を高めていることがわかる。このことから、1 m³ あたりの攪拌に必要な動力を表す動力密度は水槽の縦横比 1 : 1 以下、水深 5.5 m の条件で 1.4～2.7 W/m³ であり、水中攪拌機の 6 W/m³ にくらべ、大幅に低くなっている。

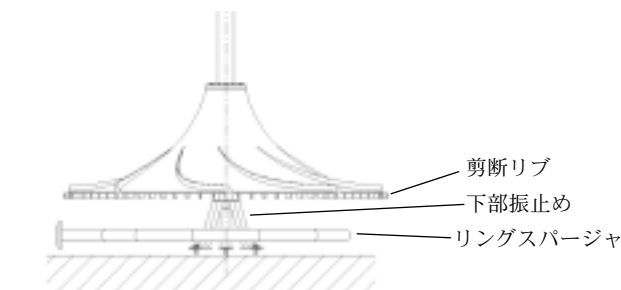


図2 パビオエアレーターの構造

表3 パビオエアレーターの標準仕様

項 目	仕 様
攪拌翼径 (mm)	φ 1 500, 2 000, 2 500 mm
モーター定格出力 (kW)	3.7～15
酸素供給能力 (kgO ₂ /h)	6～88

3.2 メンテナンスが容易

水中攪拌機は水中部に駆動装置があるのに対し、パビオミックスは水上部に駆動装置があるため、メンテナンス時に駆動装置を水槽外へ吊り出す必要がない。このため、水中攪拌機と比較し、動力低減を含めた維持管理経費は従来の約 60 % となる。

また、下部振止めがあるタイプについては、下部振止め部のブッシュの交換時、軸を水槽から取り出すことによって水槽を空にすることなく軸先端部のブッシュを交換することができる。

3.3 シンプルな構造

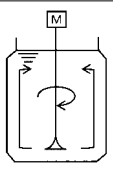
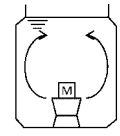
主として駆動装置、シャフト、攪拌翼の 3 つのパーツから構成されており、構造が非常にシンプルである。また、攪拌翼の重量は、最大径の 2 500 mm でも約 70 kg であり、軽量である。

3.4 生物処理に適している

水槽底部付近で攪拌するため、水槽表面の流速が低く抑えられており、嫌気槽や無酸素槽などの、酸素を好まない条件において、酸素の取込みが少ない。

また、低速回転かつ双曲面形のなめらかな攪拌翼で混合するため、汚泥フロックの破壊が起こりにくい。このため、生物の反応が阻害されにくく、反応槽の後段の沈殿槽での沈殿効果の向上や、安定した処理水質が期待できる。

表4 水中攪拌機との比較

項 目		双曲面形攪拌機（パピオミックス）	水 中 攪 拌 機
概 要		 ・双曲面形の攪拌翼を槽底部付近で回転させ、底部から槽内全体を攪拌させる。 ・攪拌翼はFRP、シャフトはSUS製。 ・駆動部は水上にある。	 ・ケーシング内のインペラの回転により、放射状に広がる水流を発生させ、槽内の攪拌をおこなう。 ・送気の有無により嫌気・好気運転の切替ができる。 ・ケーシングはFC、インペラはステンレス鋳物。 ・駆動部は水没している。
動力投入密度 (槽縦横比 1 : 1 以下, 水深5.5 m 時)		◎ 1.4~2.7 W/m ³	△ 6 W/m ³
性 能	底部流速の確保	◎ 0.1 m/秒以上	◎ 0.1 m/秒以上
	最終沈殿池への影響	◎ 攪拌翼は低回転でせん断による微細フロックの生成が少ない。	○ 高速回転するインペラにより、微細フロックが生成され、汚泥の沈降性に影響をあたえる可能性がある。
	無酸素状態の確保	◎ 水面の乱れが少ないため、気液接触面からの酸素のとけ込みは少ない。	○ 水面の乱れが若干あり、気液接触面からの酸素のとけ込みの可能性がある。
	異物からみつきの有無	◎ 攪拌翼はなめらかな双曲面を有し、かつ低速回転であるため異物によるからみつきはほとんどない。	△ 対象液がケーシングを通過する際に、インペラに異物がからみつき、閉塞をする場合がある。
維持管理性	作 業 性	◎ オーバーホールは、槽上の減速機のみで容易である。軽量のため吊上等の作業性は比較的容易である。	△ 本体が水中部にあるためオーバーホール時の点検項目が多い。重量物であるため吊上等の作業は困難である。
	経 費	◎ (58)	△ (100)

槽形状：6m×6m×6m（水深）

条件：攪拌翼径2 000 mm 回転数20 rpm

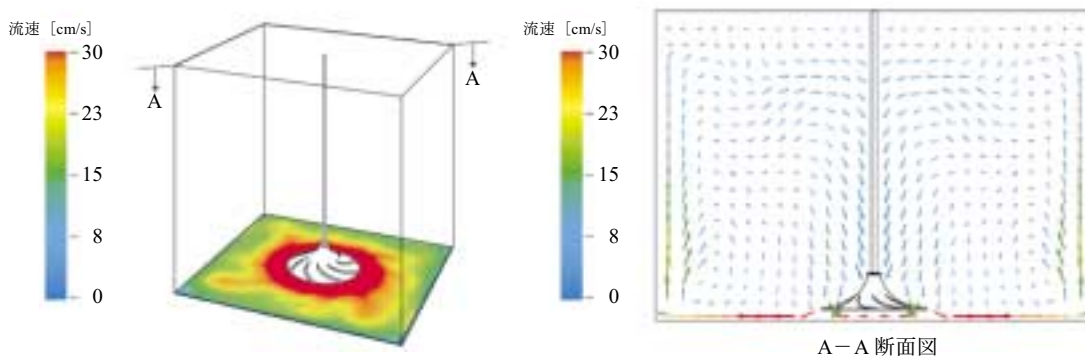


図3 流動解析

3. 5 高い酸素移動効率

パピオエアレーターは、リングスパージャから散気した気泡を攪拌翼周囲の剪断リブで微細化するため、効率良く酸素を溶解することができる。このため、酸素移動効率は、25－35 %を確保することができる。

また、空気の供給を止めれば、攪拌装置として使用することも可能である。

4. 納入実績

2000年にドイツより導入以降、当社では下水処理場を中心に納入実績を伸ばし、2008年上期現在では34ヶ所（内1ヶ所海外含む）、200機以上を納入して

いる（図4）。

納入の内訳は表5のとおりであり、下水処理場のほか、食品工場などの工場排水処理設備などにも納入されている。

5. 稼働状況

ここでは、国内稼働中のパビオミックスのうち、3ヶ所の下水処理施設での稼働状況を紹介します。

5.1 岡東浄化センター

本施設は岡山県岡山市の児島湾に面した場所に位

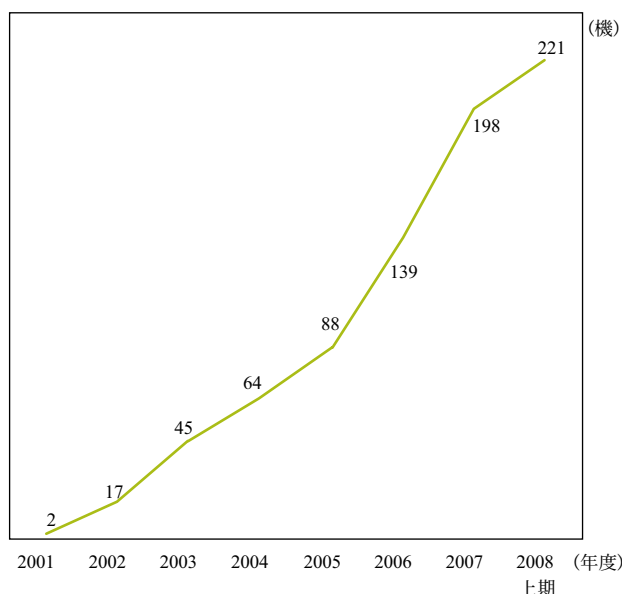


図4 パビオミックス・パビオエアレーター納入実績

置する。攪拌翼径2 500 mm×5.5 kW と2 500 mm×3.7 kW のパビオミックスが2 台納入されており、2007年4月から稼働している。

処理方式は2段嫌気・好気活性汚泥法であり、パビオミックスはそのうちの嫌気槽に設置されている。

図5に底部流速の測定箇所および結果を示す。底部流速はいずれの箇所も沈降防止の指標とされる底部流速10 cm/s 以上を確保している。

5.2 武庫川下流浄化センター

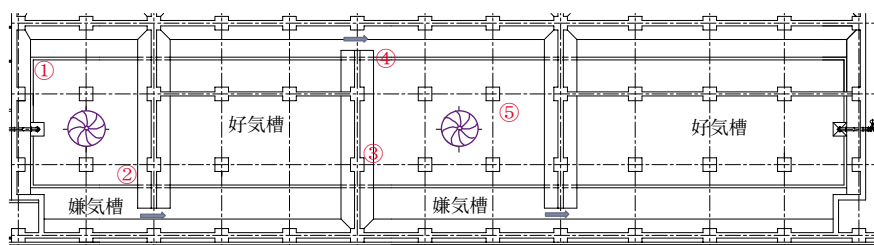
本施設は、兵庫県尼崎市の大阪湾に面した場所に位置する。攪拌翼径2 500 mm×0.75 kW が6 台、2 500 mm×1.5 kW が12台、計18台のパビオミックスが納入されており、2008年4月から全系列が稼働している（系列の半分は2007年4月から稼働）。

図6に処理フローを示す。処理方式は3段ステップ流入式硝化脱窒法であり、パビオミックスはそのうちの無酸素槽に設置されている。好気槽には当社

表5 用途・機種別納入内訳

単位：機			
用途	パビオミックス	パビオエアレーター	合計
下水処理	165	36	201
工場排水処理	11	9	20
合計	176	45	221

2008年上期現在



測定箇所	底部流速 cm/s	測定箇所	底部流速 cm/s
①	31.1	④	12.9
②	27.8	⑤	55.7
③	28.6	—	—

図5 岡東底部流速測定結果

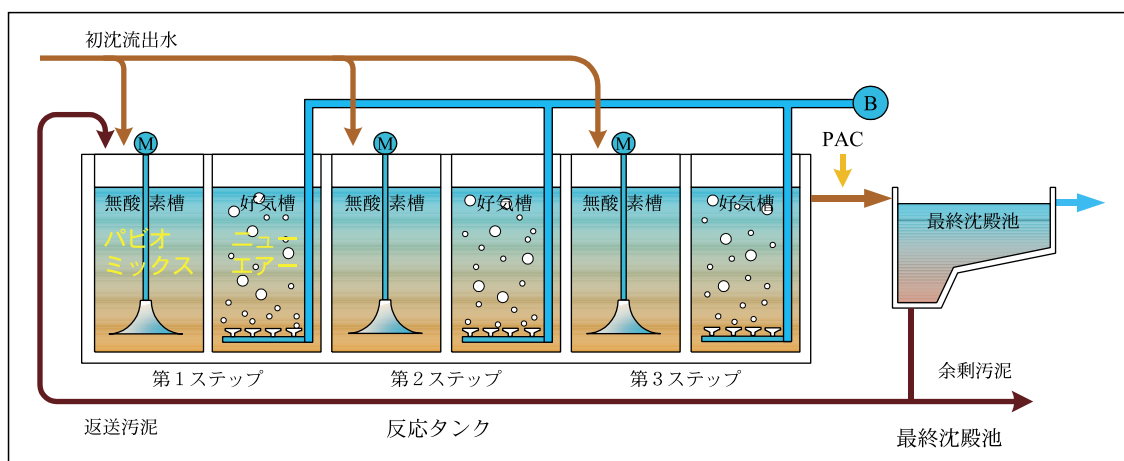
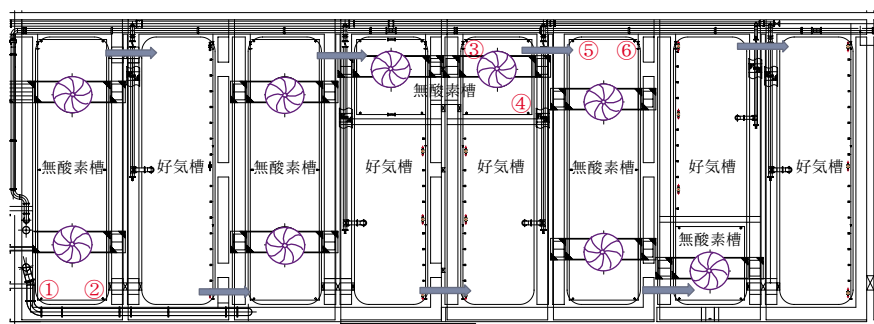


図6 武庫川下流浄化センター処理フロー



測定箇所	底部流速 cm/s	測定箇所	底部流速 cm/s
①	30.0	④	23.4
②	21.7	⑤	23.3
③	28.4	⑥	30.8

図7 武庫川下流底部流速測定結果（3系 No.1）



写真2 武庫川下流浄化センター据付状況

の散気装置ニューエアーが設置されており、本設備はパビオミックスとニューエアーを組み合わせた、当社独自の高度処理設備が納入されている。写真2

に据付状況を示す。

図7に、3系のNo.1の水槽について、底部流速の測定箇所および測定結果を示す。底部流速はいずれの箇所も20 cm/s以上の流速であり、10 cm/s以上を確保している。

むすび

パビオミックスは、近年の下水の高度処理化および低動力のニーズに合致した機器として、閉鎖性水域の環境保全ならびに地球温暖化抑制を実現する有用な機器である。また、シンプルな構造からもたらされるメンテナンスの容易性は、維持管理に係る労力および経費の削減にも寄与している。今後も地球環境の改善、およびユーザの方々の期待に答えられるよう取り組んでいく所存である。

最新ガス化溶融施設

Introduction of the Latest MSW Gasification and Melting Plant



藤田 淳*
Jun Fujita



松本雅彦**
Masahiko Matsumoto



伊藤 正***
Tadashi Ito



中田博一****
Hirokazu Nakata



香島 豊*****
Yutaka Kashima

ガス化溶融プロセスは、都市ごみの持つエネルギーを利用して従来の焼却方式より高温で燃焼をおこなうことで、環境負荷の低減と優れた再資源化を同時に達成するものであり、2008年12月現在では全国に80を超える建設実績を有する、スタンダード機種のひとつに成長した。当社は2000年10月に中部上北清掃センターを竣工して以来、現在までに計8施設を竣工させている。なかでも、2008年3月に竣工したさしまクリーンセンター寺久（206 t/d）では、竣工後ただちに90日連続運転を達成するなど、早期に安定稼働を実現できた。

With utilization of valuable energy in MSW, high-temperature combustion is performed in gasification and melting process, so this process has less environmental load and a superior resource recovery ratio and has grown up to a standard type after construction of over eighty plants in Japan, as of December, 2008. Our company has completed eight plants including Chubu-kamikita plant in October 2000. All of our completed plants have been successful in stable operation. Especially, Sashima plant (206 t/day) has demonstrated stable operation immediately at the beginning of its operation. And it has achieved continuous operation of 90 days at the early stage after its completion.

Key Words :

廃棄物処理
都市ごみ
ガス化溶融

Waste treatment
Municipal solid waste (MSW)
Gasification and melting

【セールスポイント】

- ・ガス化溶融施設にて早期に90日連続運転を達成した
- ・乾式高効率脱塩脱硫システムを確立した

まえがき

当社は2000年10月に国内初の都市ごみ向け流動床式ガス化溶融施設を竣工して以来、2008年11月末現在までに、12施設を受注し、内8施設が竣工している（図1）。これらの施設の内、当社納入施設としては最新となる、2008年3月に竣工したさしまクリーンセンター寺久（茨城県）では竣工後ただちに90日間の連続運転を達成するとともに、ナトリウム系薬

剤をもちいた高度な排ガス処理技術を確立したので、稼働実績および安定運転を支える技術について示す。

1. さしまクリーンセンター寺久の施設概要

1.1 プロセス概要

さしまクリーンセンター寺久の施設概要を表1に、施設フローを図2に示す。

処理対象物は収集ごみのほか、併設されたりサイクル施設のリサイクル残さである。ごみはガス化炉



図1 稼働状況

表1 施設概要

施設名称	さしまクリーンセンター寺久
施設概要	206 t/d (103 t/d × 2 炉)
処理対象物	可燃ごみ、直接搬入ごみ、リサイクル残さ
受入供給設備	ピットアンドクレーン方式
ガス化溶融設備	流動床式ガス化炉＋旋回流溶融炉方式
排ガス冷却設備	廃熱ボイラ＋水噴射方式
排ガス処理設備	バグフィルター(2段)＋脱硝反応塔
発電量	3 000 kW

でガス化され、発生した熱分解ガスは溶融炉で1 250℃以上の高温で燃焼されるとともに、同伴された飛灰は溶融されスラグとして回収される。また、ガレキなどの不燃物は粉碎後、溶融炉に供給されスラグとして回収される。排ガスは廃熱ボイラ、減温塔で冷却され、排ガス処理設備にて有害物質を除去後、煙突から系外へ排出される。

排ガス処理設備は2段のバグフィルターと脱硝用の触媒反応塔で構成され、バグフィルター(1)で除じんするとともに活性炭を吹き込んでダイオキシン類を除去し、バグフィルター(2)で酸性ガス除去用の薬剤を吹き込んで塩化水素と硫黄酸化物を除去している。塩化水素および硫黄酸化物の排ガス基準は、乾式処理とともに10 ppm(乾ガス、酸素12%換算)と湿式処理相当の低い値が設定されているため、酸性ガス除去性能の高いナトリウム系薬剤を使用している。

表2 排ガス基準値と測定結果(酸素濃度12%換算値)

測定項目		基準値	測定結果	
			1系	2系
ばいじん	g/m ³ N	≤0.01	<0.001	<0.001
硫黄酸化物	ppm	≤10	<1	<1
塩化水素	ppm	≤10	3	8
窒素酸化物	ppm	≤50	36	34
一酸化炭素	ppm	≤30	7	6
ダイオキシン類	ng-TEQ/m ³ N	≤0.01	0.000007	0.00022

表3 運転体制(ガス化溶融施設)

職種	人数	職務内容
所長	1	統括
副所長	1	副統括
事務	1	事務全般
運転班	20	施設運転
5名/班×4班		(用役受入、ごみクレーン操作含む)
整備班	4	給油、消耗品交換、保全全般
合計	27	

排ガス処理性能については、竣工前の引渡性能試験において排ガス基準値をすべて満足していることを確認している(表2)。

1.2 運転体制

ガス化溶融施設の運転体制を表3に示す。整備班による日常の点検整備を実施することにより、運転

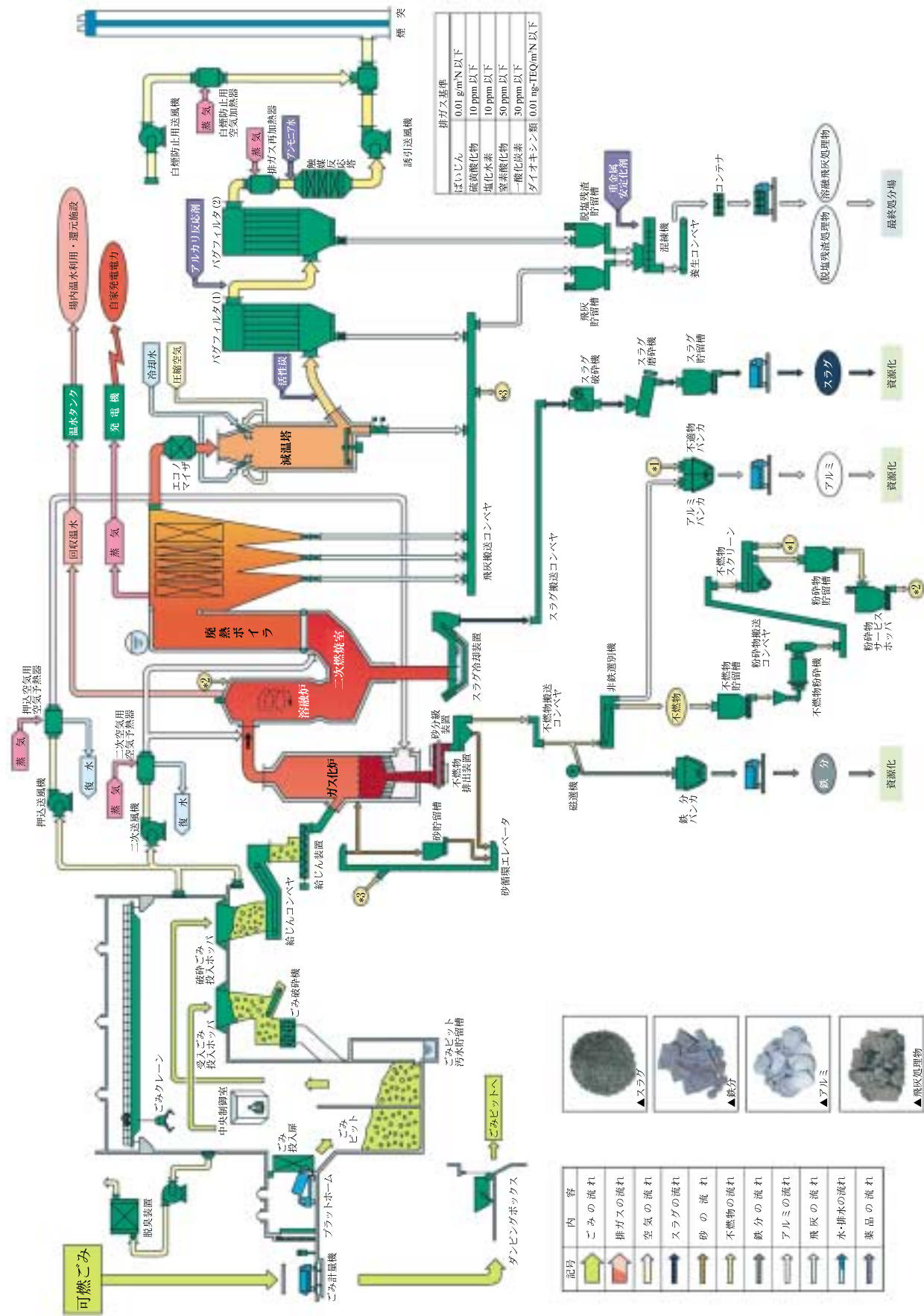


図2 さしまクリーンセンター寺久の施設フロー

班の負荷軽減および予防保全を重視した施設の運営がおこなわれている。

2. 運転実績

2.1 運転実績

さしまクリーンセンター寺久の竣工以降の処理実績を図3、4に示す。竣工の約5カ月後に1系列目の90日連続運転を達成した。2系列目も竣工の7カ月後に達成でき、各系列とも早期に安定稼働を実現することができた。竣工後すぐに両系列とも90日間連続運転を達成できたことは、技術面でのたゆまぬ改善により施設の完成度を高めてきた結果である。

2.2 連続運転早期達成を可能にした技術

従来、ガス化溶融施設の安定稼働開始には地域に

よって異なるごみ性状に対し、適切な調整をおこなうために多大な時間を要していた。下記の項目の改善により、これらの調整に要する時間を短縮できたことが、90日連続運転の早期達成につながった。

2.2.1 給じんシステムの改善

破碎機を含めた給じんシステムのトラブル防止のため、受入可能なごみを事前に設定しているものの、実際には想定外の異物が混入することは避けられず、安定運転の阻害と作業負荷の増大の一因になっていた。

本施設では、ダブルピット方式を採用し、破碎処理したごみをいったんピットに貯留することで、破碎機のトラブルが生じた場合でも運転を継続するこ

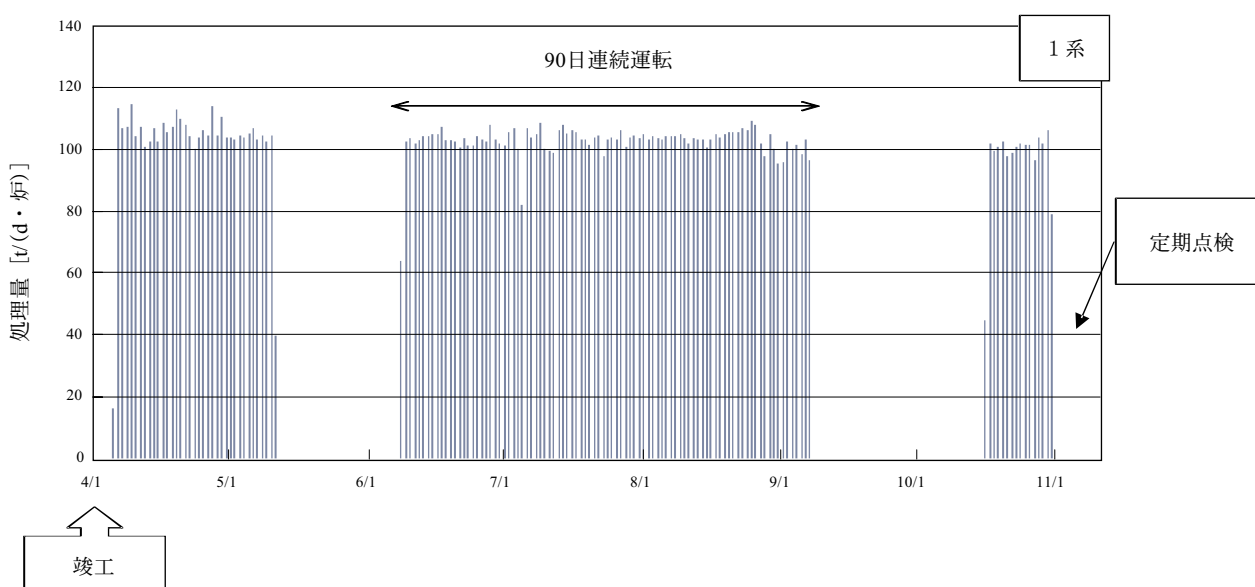


図3 1系運転実績

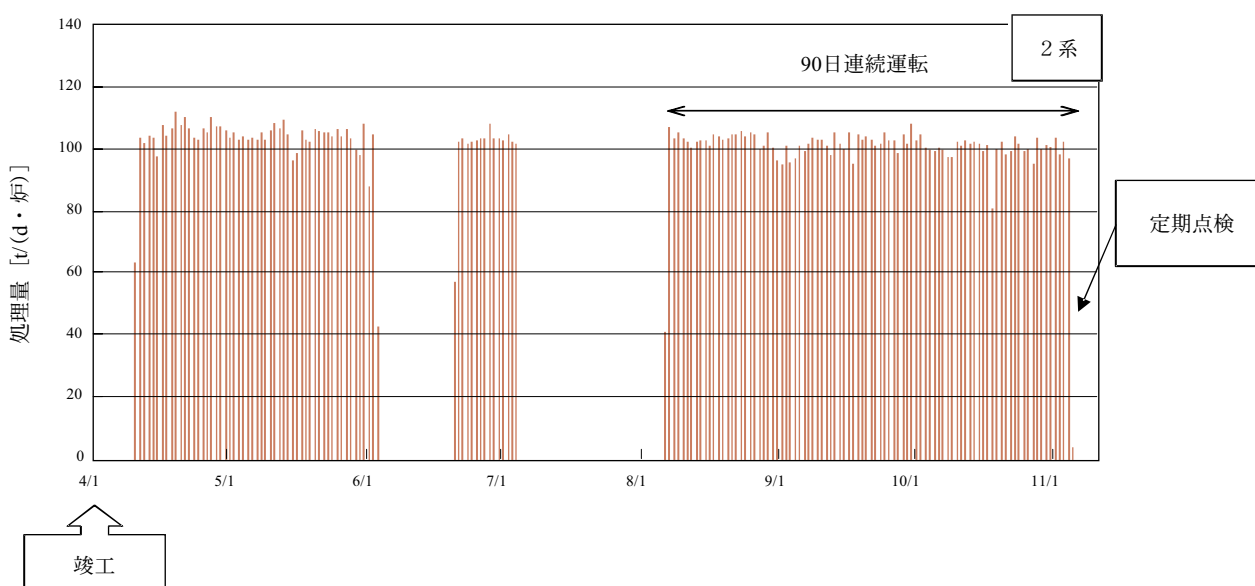


図4 2系運転実績

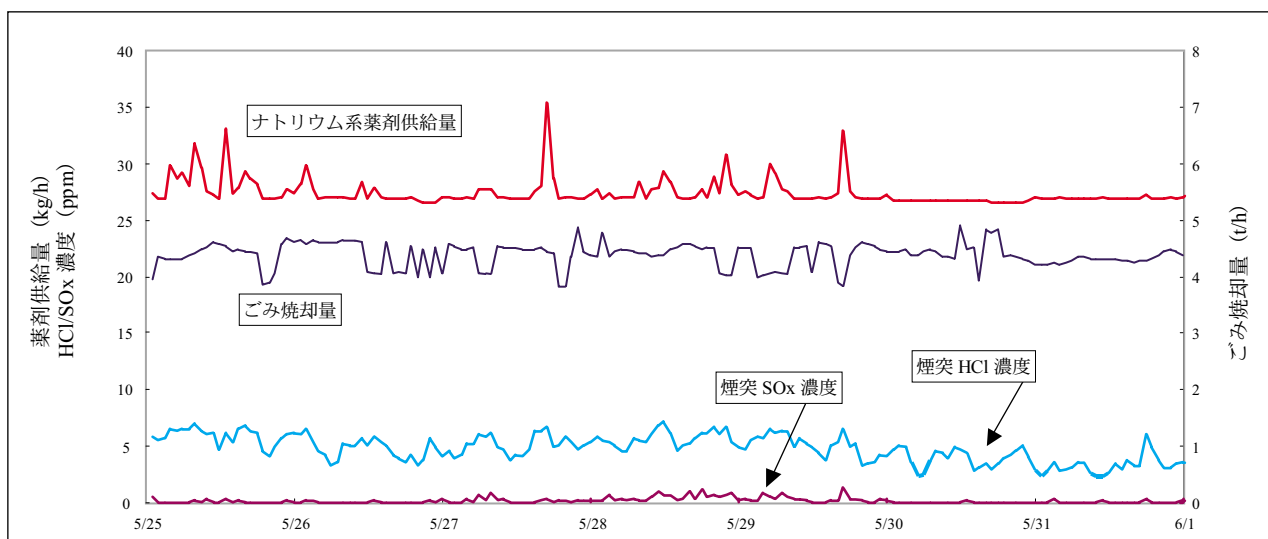


図5 ナトリウム系薬剤の供給量，煙突のHCl/SOx，ごみ焼却量の連続チャート

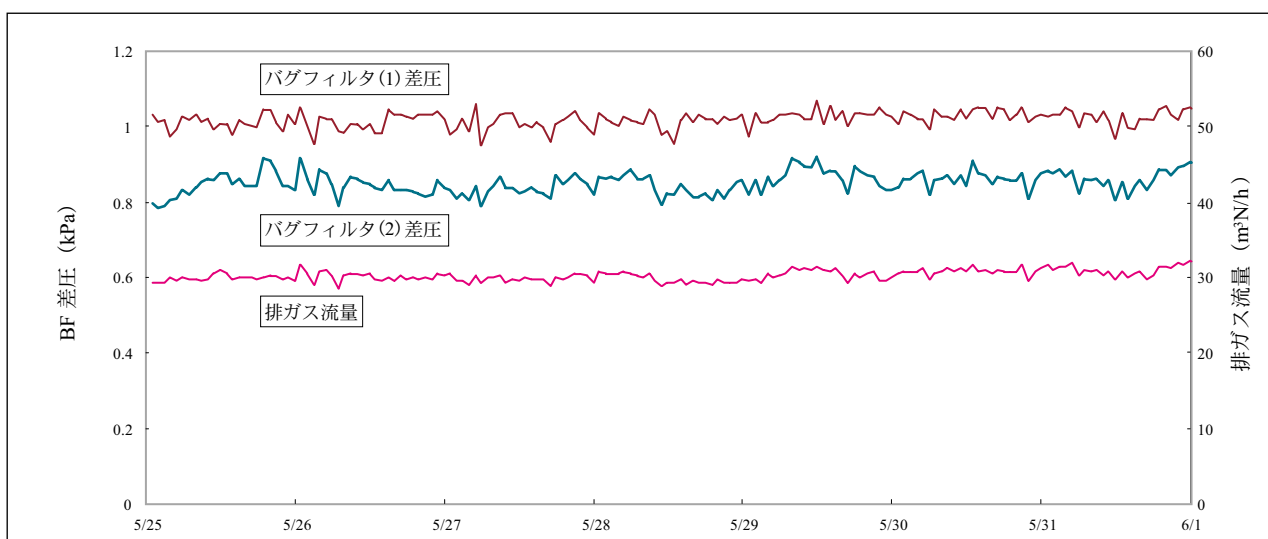


図6 バグフィルタ(1)/(2)の差圧，排ガス流量の連続チャート

とが可能なシステムとした。さらに，受入ごみ投入ホッパからのごみの切り出し方式を油圧プッシャー方式からコンベア方式に変更することにより，受入ごみの形状，寸法や圧縮性の差異に起因する圧密・閉塞など機器トラブルを防止している。また，コンベア速度を可変としており，受入ごみの性状に応じて破碎処理速度が変更できるようフレキシビリティをもった設計としている。

給じんコンベアには当社独自のエプロン構造を採用することにより，とくに繊維状物質の搬送効率を向上させることができています。また，従来の施設では運転時間の経過につれてエプロンの内面にゴミが付着し，搬送効率の低下を招いていたが，本施設では，約12ヶ月の運転後においてもゴミ付着が進行し

ていないことが確認できている。

2.2.2 安定出滓の確保

長期連続運転には熔融炉から排出されるスラグの安定出滓が不可欠である。当社は補助バーナなどによる加熱をおこなわなくても出滓口の温度がスラグの熔融温度以上に維持できる構造を採用している。出滓口の温度は出滓口への適度な排ガスの流入，出滓口の形状，シュートの断熱性などにより決定されるが，当社では実機測定結果や汎用熱流体解析プログラムをもちいた数値解析による検討を重ね，適正な形状を決定しており，熔融炉出滓口の温度は1200℃程度に維持されている。

従来の施設では，スラグの流れをひとつにまとめるための出滓樋として，特殊耐熱金属製をもちいて

いたが、本施設ではステンレス材と耐火物の一体構造とすることにより、コストダウンと耐久性の向上を達成した。

さらに、安定した出滓状態を維持するためにスラグの熔融温度を1200℃以上に維持している。これには、スラグ塩基度（CaO/SiO₂）を適切に調整する必要がある、この調整技術を確立し実施している。

3. 排ガス処理性能

図5にバグフィルタ(2)におけるナトリウム系薬剤の供給量、煙突のHCl/SOx濃度、ごみ焼却量の連続チャートを示す。また、図6にバグフィルタ(1)とバグフィルタ(2)の差圧と排ガス流量の連続チャートを示す。

図5から塩化水素、硫黄酸化物とも煙突で常時10

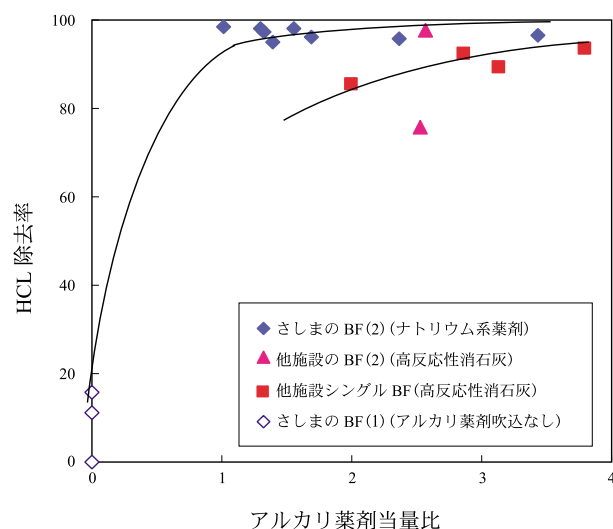


図7 アルカリ薬剤の当量比とバグフィルタにおけるHCl除去率の関係

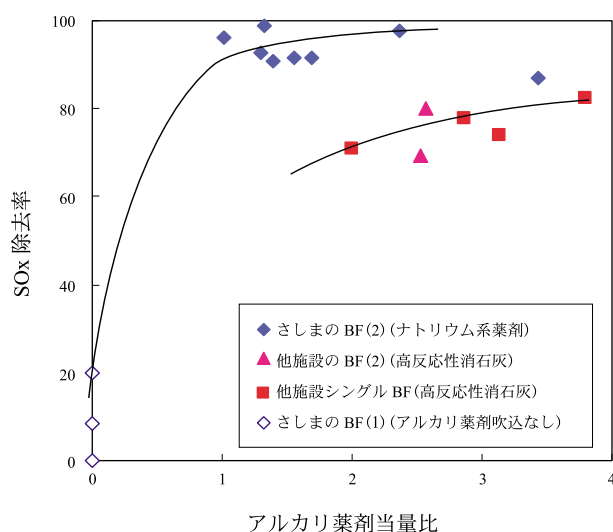


図8 アルカリ薬剤の当量比とバグフィルタにおけるSOx除去率の関係

ppmを下回っており、安定して処理できていることがわかる。ナトリウム系薬剤の供給量は、おおむね27kg/h前後で、ごみ焼却量1t当たりのナトリウム系薬剤の供給量は6kg/ごみt前後であり、これは当量比に換算して1.4程度である。また、バグフィルタ(2)から排出される脱塩残さの性状は安定しており、搬送や混練などの取扱い上の問題も見られず、バグフィルタの運転も安定している。

図6よりナトリウム系薬剤を吹き込んでいるバグフィルタ(2)の差圧は0.8～0.9kPaの間で安定していることがわかる。

4. ナトリウム系薬剤と高反応性消石灰の酸性ガス除去性能の比較

ナトリウム系薬剤と高反応性消石灰の酸性ガス除去性能について比較するため、図7、8にナトリウム系薬剤および高反応性消石灰の当量比とバグフィルタにおけるHCl除去率、SOx除去率を示す。ナトリウム系薬剤について、さしまクリーンセンター寺久のバグフィルタ(2)におけるデータをプロットし、高反応性消石灰について、他の流動床式ガス化溶融施設のバグフィルタ(2)またはシングルバグフィルタにおけるデータをプロットした。また参考データとして、アルカリ薬剤を吹き込んでいないさしまクリーンセンター寺久のバグフィルタ(1)におけるHCl除去率、SOx除去率のデータをプロットした。

ナトリウム系薬剤は、当量比1.3～2.4でHCl除去率が95%以上、SOx除去率が91%以上であり、高

表4 スラグ測定結果

項 目			基 準 値	測定結果
溶 出 試 験	カドミウム	mg/L	0.01以下	<0.001
	鉛	mg/L	0.01以下	<0.001
	六価クロム	mg/L	0.05以下	<0.005
	ひ 素	mg/L	0.01以下	<0.001
	総 水 銀	mg/L	0.0005以下	<0.0005
	セ レ ン	mg/L	0.01以下	<0.001
	ふ っ 素	mg/L	0.8以下	<0.08
	ほ う 素	mg/L	1以下	<0.1
含 有 量 試 験	カドミウム	mg/kg	150以下	<0.9
	鉛	mg/kg	150以下	<15
	六価クロム	mg/kg	250以下	<25
	ひ 素	mg/kg	150以下	<5
	総 水 銀	mg/kg	15以下	<0.3
	セ レ ン	mg/kg	150以下	<15
	ふ っ 素	mg/kg	4 000以下	<400
	ほ う 素	mg/kg	4 000以下	<400
ダイオキシン類			ng-TEQ/g	1.0以下
				0.0000015

反応性消石灰と比較して少ない当量比で HCl と SOx の高い除去率がえられた。なお、さしまクリーンセンター寺久のバグフィルタ(2)入口における排ガス中の HCl 濃度は160 ppm前後、SOx 濃度は12 ppm 前後であった。また、高反応性消石灰は HCl とくらべて SOx の除去率が10 %以上低いという傾向が見られるが、ナトリウム系薬剤は SOx についても HCl と同等程度の高い除去率がえられた。

5. リサイクル残さの混合処理

流動床式ガス化溶融施設にはリサイクル施設が併設されており、ここで、発生するリサイクル残さをガス化溶融施設にて処理をしている。一般にリサイクル施設から発生するリサイクル残さには重金属類が多量に含まれているため、溶融処理をおこなった場合にはスラグ中の重金属濃度に影響を与える懸念があった。本施設では、表4に示すとおり、スラグの重金属溶出量ならびに濃度とも JIS A 5032 の基準を十分に満足しており、流動床式ガス化溶融施設のリサイクル性の高さを証明している。以下にリサイクル施設について紹介する。

リサイクルプラザのフローを図9に示す。処理能力は51 t/d (5時間)で、処理対象物は不燃ごみ、不燃性粗大ごみ、可燃性粗大ごみ、びん、かん、ペットボトル、紙、有害ごみである。

5.1 不燃ごみ・不燃性粗大ごみライン

17 t/d の処理能力を有し、混入するガスボンベ等による爆発を防止するために二軸破碎機で粗破碎した後、分離性能の向上を目的とした高速回転式破碎機にて細破碎される。

鉄・アルミは磁選機、アルミ選別機にて回収され、圧縮成型後リサイクル業者に引取られる。残さはガス化溶融施設に搬出される。

5.2 可燃性粗大ごみライン

9 t/d の処理能力を有し、二軸破碎機にて破碎した後、ガス化溶融施設に搬出される。

5.3 びん

10 t/d の処理能力を有し、収集袋にて回収されたびんから袋を取除く破除袋工程、ビールびんや一升びん等の空きびんを回収する手選別工程、および、びんを色別に無色、茶、その他に自動選別する機械選別工程に分けられる。

回収、選別されたびんはリサイクル業者に引取られ、残さはガス化溶融施設に搬出される。

5.4 か ん

9 t/d の処理能力を有し、収集袋にて回収されたかんから袋を取除く破除袋工程、塗料かん等の異物を除去する手選別工程、磁選機、アルミ選別機にてスチールかん、アルミかんに分別する機械選別工程、およびプレス機にて圧縮成型する圧縮工程に分けられる。

圧縮成型されたかんはリサイクル業者に引取られ、残さはガス化溶融施設に搬出される。

5.5 ペットボトル

本ラインは3 t/d の処理能力を有し、収集袋にて回収されたペットボトルから袋を取除く破除袋工程、キャップ等の異物を除去する手選別工程、および圧縮梱包機にて圧縮成型する圧縮工程に分けられる。

圧縮成型されたペットボトルはリサイクル業者に引取られ、残さはガス化溶融施設に搬出される。

5.6 紙・有害ごみ

紙はダンボール、新聞紙、雑誌等の種類ごとに回収・保管されリサイクル業者に引取られる。

また、蛍光灯は有害ガスを処理しながら破碎処理される。

む す び

流動床式ガス化溶融炉1号機である中部上北清掃センターが竣工してから8年あまりが経過した。8号機となるさしまクリーンセンター寺久では、これらの稼働実績からえられたノウハウを基に、たゆまぬ改善をおこない、下記のようにガス化溶融施設の性能と安定性を大幅に向上した。

- ① 竣工後ただちに両系列とも90日連続運転を達成することができた。
- ② ナトリウム系薬剤をもちいた乾式排ガス処理技術確立し、HCl 濃度10 ppm 以下、SOx 濃度0～1 ppm と高い除去性能をえた。
- ③ リサイクル残さをごみと合わせて安定的に溶融処理し、リサイクル性の向上に貢献した。

[参考文献]

- 1) 松村卓也ら：第19回廃棄物学会研究発表会講演論文集Ⅱ (2008), p.561-563
- 2) 藤田淳ら：第30回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集 (2008)
- 3) 伊藤正ら：神鋼環境ソリューション技報, Vol.5, No.1 (2008), p.6-9

*環境プラント事業部 技術部 計画室 **環境プラント事業部 技術部 プロジェクト室 ***環境プラント事業部 操業技術部 施設管理室
****神鋼環境メンテナンス(株) 技術サービスセンター 技術部 *****神鋼環境メンテナンス(株) 技術サービスセンター 技術部 技術室

「グラスライニング製コンパクトコンデンサー」の商品化

The Commercialization of "Glasslined Compact Condenser"



山本昌史*
Masafumi Yamamoto

グラスライニング製コンパクトコンデンサーはグラスライニング製コンデンサーの小型化ニーズに応えるべく多重円筒構造をもちいることで小型化設計をおこなった新しいタイプのコンデンサーである。本開発では試作機の製作をおこない、耐圧、熱衝撃試験、伝熱性能の検証をおこなってきた。このたび、既存メニューである多重缶式・多管式熱交換器と比較して小型でメンテナンス性、性能に優れたグラスライニング製コンパクトコンデンサーの商品化を終えたので報告する。

Glasslined compact condenser is newly developed using multiplex circular cylinder and designed in response to needs for compact equipment. We had verified its pressure-resistance, thermal shock resistance and heat-transfer characteristics. This report introduces the commercialization of glasslined high efficiency compact condenser that improved maintainability over the conventional double jacketed type and shell and tube type.

Key Words :

グラスライニング (GL)	Glass lining (GL)
熱 交 換 器	Heat exchanger
コ ン デ ン サ ー	Condenser

【セールスポイント】

小型でメンテナンス性に優れたグラスライニング製コンデンサーを提供する。

ま え が き

グラスライニング（以下 GL と呼ぶ）製品は高度な耐食性と製品の純度が要求される医薬・化学工業分野の製造プロセスで数多く使用されている。GL 製コンデンサーは通常このような製造プロセスの反応・濃縮工程等で発生する蒸発物を再凝縮させることを目的に、コンデンサー用途で GL 製リアクタの付帯機器として使用されていることが多い。当社では、1969年に GL 製多重缶式コンデンサーを上市して以来1986年には GL 製多管式熱交換器を商品化しており、古くから販売をおこなってきている。これ

ら GL 製コンデンサーは GL の施工技術から小型化が困難であり、熱伝導性を金属製、カーボン製などの熱交換器と比較すると伝熱面積を増やす必要があり大型である。近年、顧客での高付加価値製品の他品種少量生産が増えるとともに、機器の小型化ニーズも増加してきており、これはコンデンサーについても同様である。このたび、小型化のニーズにこたえるべく、多管式熱交換器の最小モデルである伝熱面積 5 m² 以下において、多重缶式熱交換器より小型なコンパクトコンデンサーの開発を終了し販売を開始したので報告する。

1. コンパクトコンデンサー

1.1 コンパクトコンデンサーの構造

図1にコンパクトコンデンサーの断面構造図を示す。コンパクトコンデンサーは外套付きの円筒胴と内部に冷媒流路を備えた筒管を組み合わせることで構

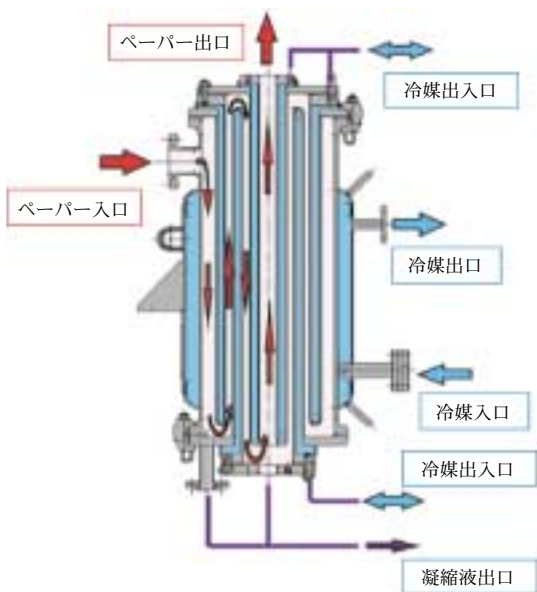


図1 断面構造図

成されている。筒管はサイズの異なった市販の炭素鋼鋼管を同芯に配列した2重管構造となっており、冷媒が入口から出口へショートパスすることを防止するために筒管内部に仕切り板を設けている。プロセス流体は通常円筒胴に設けられたペーパー入口から入り、複数の筒管同士の隙間を蛇行して流れ、熱交換による凝縮液は下部凝縮液出口より回収できる構造になっている。

1.2 ラインナップと概略寸法

図2にラインナップと概略寸法を示す。伝熱面積は1m²、3m²、5m²の3種類を標準型式としている。今後、標準型式以外のニーズが出てきた場合も、追加ラインナップに対応し易い構造になっている。

1.3 コンパクトコンデンサーの特長

次に、コンパクトコンデンサーの特長を示す。

① 設置面積が従来型より少ない。

図3は5m²コンデンサーにおける従来型との比較である。多重缶式と比較して約1/2、多管式と比較して約1/3の据付面積である。

② メンテナンスが容易である。

熱交換部が分割構造であるため、定期的に分解を

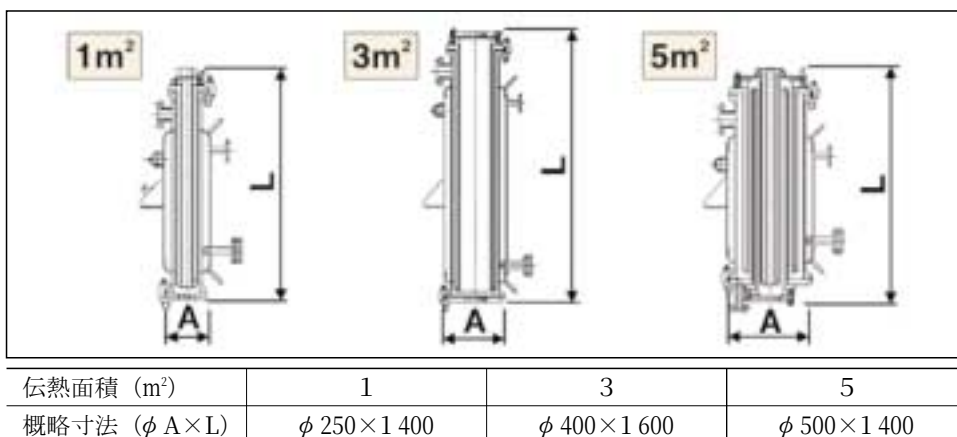


図2 ラインナップ

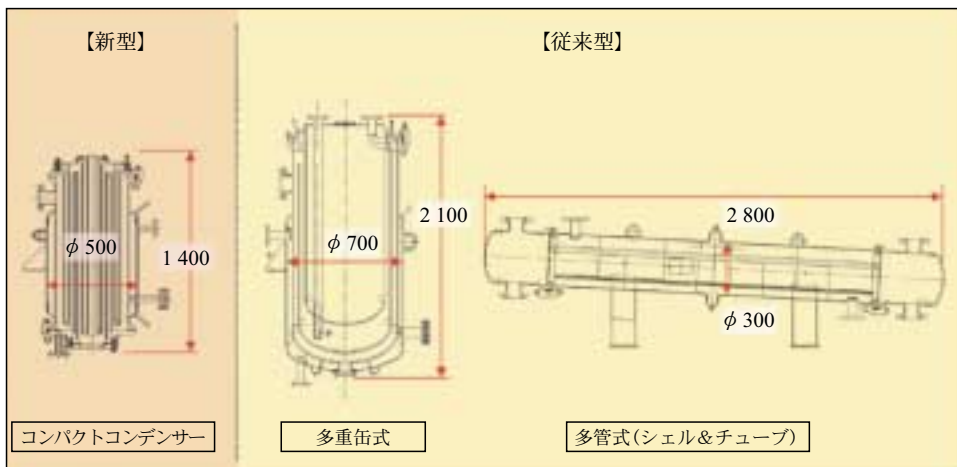


図3 従来型との寸法比較（伝熱面積5m²）



写真1 5 m² 外観写真

む す び

写真1は5 m² GL 製コンパクトコンデンサーの外観である。また、写真2は1 m² GL 製コンパクトコンデンサーの外観である。GL 製コンパクトコンデンサーは2008年9月より販売を開始しており、すでに数台のご注文を頂いている。本開発は2007年当初より開始し、同年の11月におこなわれたインケム東京で試作品として展示をした。訪問者の関心が高かつ



写真2 1 m² 外観写真

たことより、さらなる取組みをおこない、当社の優れた焼成技術によりこのたび上市することができた。今後も顧客の声を聞き、顧客の立場に立った製品作りができるよう努力していく所存である。

【参考文献】

- 1) ファウドラ・ニュース, Vol. 13, No.3 (1969), P.1
- 2) 神鋼ファウドラ技報, Vol. 29, No.3 (1986), P.20

*プロセス機器事業部 技術部 開発室

遠隔監視システム“ウォーターアイ (WaterEye™)”の稼働実績

Application of WaterEye™ as Web-based Remote Monitoring System



廣岡隆志*
Takashi Hirooka



大朝 功*
Isao Otomo
(技術士)



石飛哲朗*
Tetsuro Ishitobi

ウォーターアイ (WaterEye™) は、米国 WaterEye 社が開発したインターネットを利用した遠隔監視システムである。当社はこのソフトウェアを昨年技術導入し運用を開始した。ウォーターアイは汎用的な監視システムで、多くの機能を標準で利用でき、またシステム構築も容易である。一方、維持管理のツールとしても有効であり、当社では、各種水処理設備への適用をおこなっている。

WaterEye™ is a remote monitoring system using the Internet for many kinds of water treatment plants. This system provides beneficial functions to users without preparing additional programs. The system was introduced from WaterEye Corporation, a US Company, and was launched to Japanese market last year. It is also being applied to various maintenance services on water treatment plants.

Key Words :

水質モニタリング
警 報 監 視
維 持 管 理
設 備 診 断

Monitoring of water quality
Alarm notification
Plant maintenance
Plant diagnosis

【セールスポイント】

- ・ウォーターアイは、WEB ベースの遠隔監視システムで、低コストでシステム構築ができる。
- ・運転監視画面、帳票レポート作成、警報監視等の機能が標準で利用でき、水処理設備の遠隔監視システムが手軽に運用できる。
- ・維持管理へ活用することで、監視の効率化、トラブルへの迅速対応、および設備診断による適正な運転支援等をおこなうことができる。

ま え が き

ウォーターアイは、米国 WaterEye 社が開発したインターネットを利用した遠隔監視システムで、当社は2007年4月米国 WaterEye 社から本ソフトウェアを技術導入し、国内にてサービスを開始した。当社は、神鋼環境ソリューションのメンテナンス会社として、神鋼環境ソリューションが納入した設備・装置の部品交換、点検修理、設備更新、薬品供給、維持管理等をおこなっている。とくに維持管理の分

野では、近年、顧客は維持管理を外部委託する傾向にあり、今後さらに運転から補修まで含めた包括運転維持管理への指向が強くなっていくものと思われる、当社としても今後この分野へのビジネスに注力していくつもりである。このような状況のなかで、当社では、維持管理をさらに効率良くおこなう必要があり、そのツールとして有効なウォーターアイを導入した。

1. ウォーターアイの概要

1.1 システムの概要

図1にウォーターアイのシステム構成を示す。ウォーターアイはインターネットに接続されたWEBサーバーと水処理設備の各信号をWEBサーバーに送信する現地パソコン（以下、ローカルPC）にて構成される。水処理設備の各種データは当社のWEBサーバーにて管理され、利用者は、任意のパソコンからインターネットを経由して設備の運転状態を監視することができる。また、警報発生時には、WEBサーバーから電子メール、電話通報にて利用者に通知をおこなうことができる。

1.2 水処理設備側のハードウェア構成

水処理設備側のアナログ、パルス、接点等の各信号は、PLC（Programmable Logic Controller）や、アナログ、デジタル入出力機器に配線接続され、イーサネット（Ethernet）、RS-232C等の通信ケーブルを経由してローカルPCに取込まれる。ローカルPCと機器との通信は国際標準のOPCサーバー（OLE for Process Control）を採用しており、国内メーカーはもとより海外メーカーの機器がプログラムの追加作成なしで利用できる。インターネット回線は、ADSL、光ケーブル等の常時接続方式、携帯電話等のダイヤルアップ接続方式のなかから、送信頻度、データ量等を考慮し選択することができる。たとえば、警報監視が主な用途である場合、携帯電話のダイヤルアップ

接続により通信費を低減することができる。

1.3 システムの標準機能

表1にソフトウェア機能一覧を示す。ウォーターアイの標準画面として、監視メニューと管理者用メニューに分かれ、ログイン時のユーザ名により表示メニューが異なる。監視メニューには、データ一覧表示、トレンドグラフ表示、レポート作成、警報一覧等があり、監視に必要な画面が表示される。一方、管理者用メニューでは、センサー登録、警報受信者登録、警報設定、センサスケーリング設定、収集／送信周期設定等があり、登録設定データの追加・変更等ができる。また、現場計器の指示値や水質分析値等はWEBから手入力、あるいはエクセルシートによる一括入力も可能である。さらに、データをサーバー内で演算して利用することもできる。

2. ウォーターアイの活用

2.1 ウォーターアイの運用形態

ウォーターアイは汎用的なWEBベースの運転監視システムであり、当社はこれを監視サービスの提供として顧客に販売している。この場合、顧客側では専用のハードウェアやソフトウェアを購入・管理する必要がなく、従来の監視システムやデータロガーシステムに替わるものとして、手軽に利用することができる。

一方、当社では、本システムを維持管理顧客の水処理設備へ適用し、より効率的、効果的な維持管理

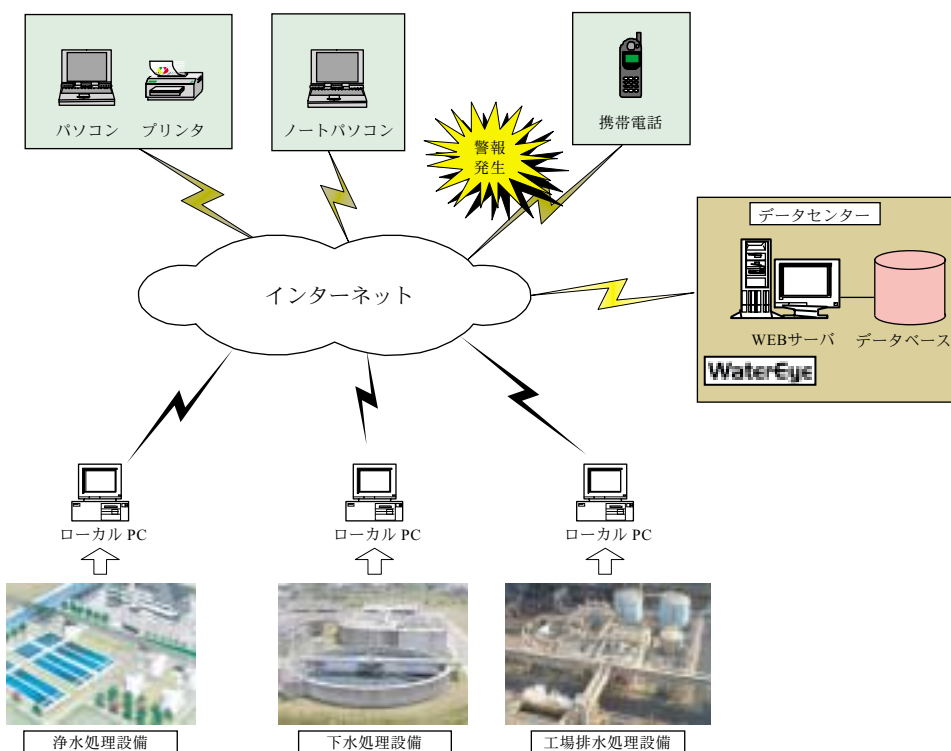


図1 ウォーターアイのシステム構成

表1 ソフトウェア機能一覧

	項 目	機 能 説 明
監視メニュー	スタート	ログイン後の初期メニュー画面
	データ一覧表示	収集データの最新値をバーグラフ、ランプにより一覧表示
	時系列データ一覧表示	収集データから任意範囲の時系列データを画面表示
	最新データ表示	収集データの最新値を一覧表示
	トレンドグラフ表示	任意センサーの選択日時範囲データをトレンドグラフ表示
	レポート作成	任意センサーの選択日時範囲データを Excel, PDF, HTML ファイル出力
	マイグラフ/マイレポート作成	任意センサーの選択日時範囲データをトレンドグラフ表示、またはExcelファイル出力して、設定を保存
	日報月報	毎時間のセンサーデータを日報、月報形式にて Excel ファイル出力
	警報一覧	発生警報、および確認済警報の一覧表示
	連絡メモ	ログインユーザ間の連絡メモの登録、削除をおこなう
管理者用メニュー	センサー登録	センサーの登録、変更、削除をおこなう
	警報受信者登録	警報受信者の登録、変更、削除をおこなう
	警報設定	警報設定値の変更、有効/無効の選択をおこなう
	送信エラー通知設定	ローカルPCの送信エラーが発生した時に通知するエラーメッセージの受信者を登録、変更、削除をおこなう
	警報履歴表示	警報履歴を表示
	訪問者履歴表示	ログインユーザに関する情報を訪問者履歴として表示
	ユーザ管理	ログインユーザ名の登録、変更、削除をおこなう
	ユーザアクセス画面設定	ログインユーザに監視対象とする系列の設定をおこなう
	センサースケリング設定	入力データから工業単位へ変換が必要な場合に、スケリングの設定をおこなう
	信号状態名称設定	接点データに関し、“運転”、“停止”等の状態表示文字入力をおこなう
	収集/送信周期設定	センサーデータの収集周期、および送信周期の設定をおこなう

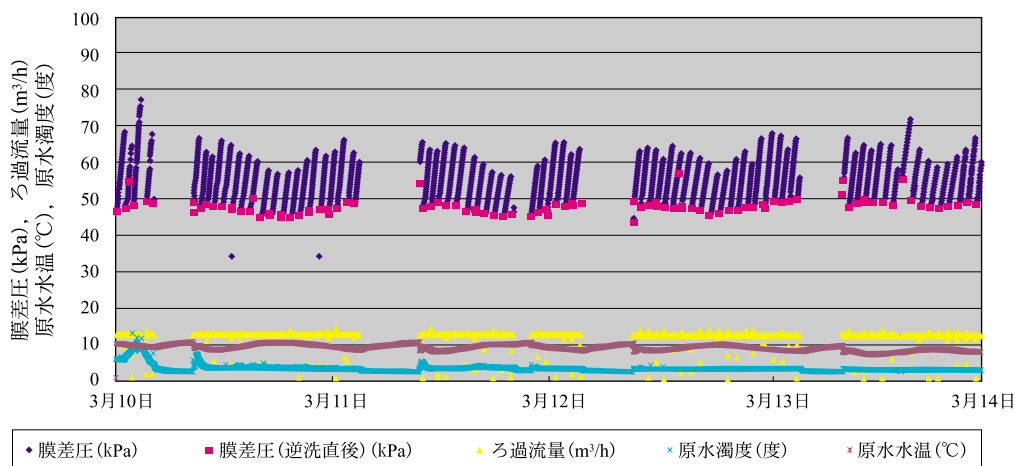


図2 膜処理設備運転データ例

ができるよう活用を図っている。

2.2 運転維持管理への活用

当社でのウォーターアイの活用は、監視の効率化、トラブルへの迅速な対応、および設備診断による運転支援等である。監視の効率化では、日報、月報管理の自動化のほか、機器故障、プロセス異常等の警報通知がある。とくに警報通知では担当者が電子メール、または電話通報を受信した後、事前にWEBにて状況確認をおこない、顧客担当者との情報を共有しながら適切な対応をおこなうことができる。また、トラブル対応では、データ収集条件の変更により詳細データを取得し、解析をおこなうことで、早期の原因究明・対策が可能となる。

一方、設備診断の例としては、特定の水処理プロセスを専門技術者が定期的にデータ解析をおこない、

水質分析等と合わせた総合診断により、適切な運転アドバイスをおこなうことができる。以下に、当社でのウォーターアイの適用例を示す。

3. ウォーターアイの適用例

3.1 浄水処理設備への適用例

浄水処理設備の適用例として、浄水膜処理設備の監視例を示す。監視の目的は、膜の差圧上昇傾向をモニタリングし、薬品洗浄の時期を予測することである。図2に膜処理設備運転データ例を示す。データ収集項目は、膜差圧、ろ過流量、原水濁度、原水水温等で、1分ごとに収集されたデータをエクセルにダウンロードしグラフ表示したものである。各系列の膜処理の運転データは数年間保存することができ、年間の原水濁度変化にともなう差圧上昇の関係を把握し、薬品洗浄時期の予測に役立てている。

3.2 小規模下水設備への適用例

小規模下水処理設備への適用例として、処理場1ヶ所、中継ポンプ場2ヶ所の監視例を示す。監視の目的は処理場の水質データ管理、および中継ポンプ場の異常監視である。図3に処理場運転データのトレンドグラフ例を示す。監視項目は、放流流量、T-N、T-P、COD濃度等である。

一方、中継ポンプ場の監視項目は、ポンプ運転、故障、停電、高水位等の信号であり、携帯電話のダイヤルアップ接続にてサーバーに送信している。送信周期は、警報発生時を除き、通常1日1回とし通

信費を削減している。また、任意接続機能により、必要な時にサーバー経由で接続し中継ポンプ場の現在値を読み出すこともできる。中継ポンプ場での応用として、ウォーターアイのイベントログ機能を使用し、ポンプ運転時間より流入水量を測定した例を示す。図4に中継ポンプ場の流入パターンの測定例を示す。上図は、No.1、No.2ポンプの秒単位の運転信号である。下図は、この運転信号にポンプの定格流量を掛け、各時間における瞬間流量を求めたものである。このようにウォーターアイでは、イベントログ機能により事象の変化を秒単位で捉えプロセ

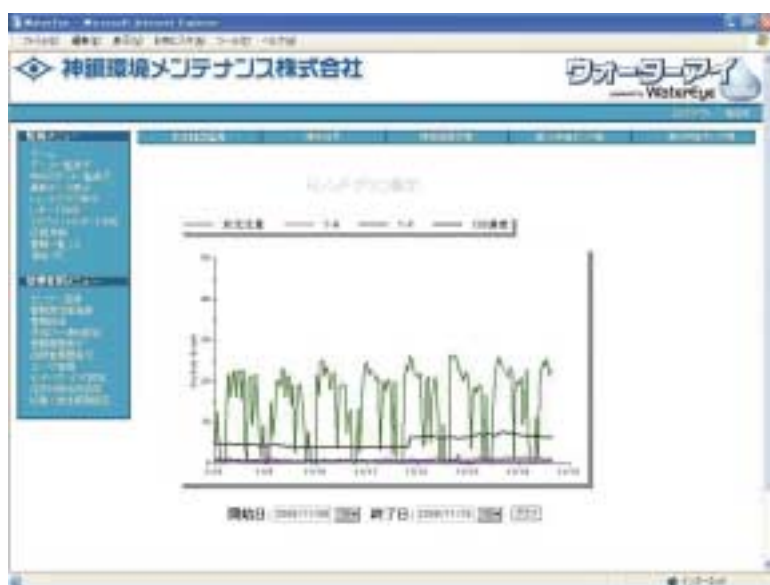


図3 処理場運転データのトレンドグラフ例

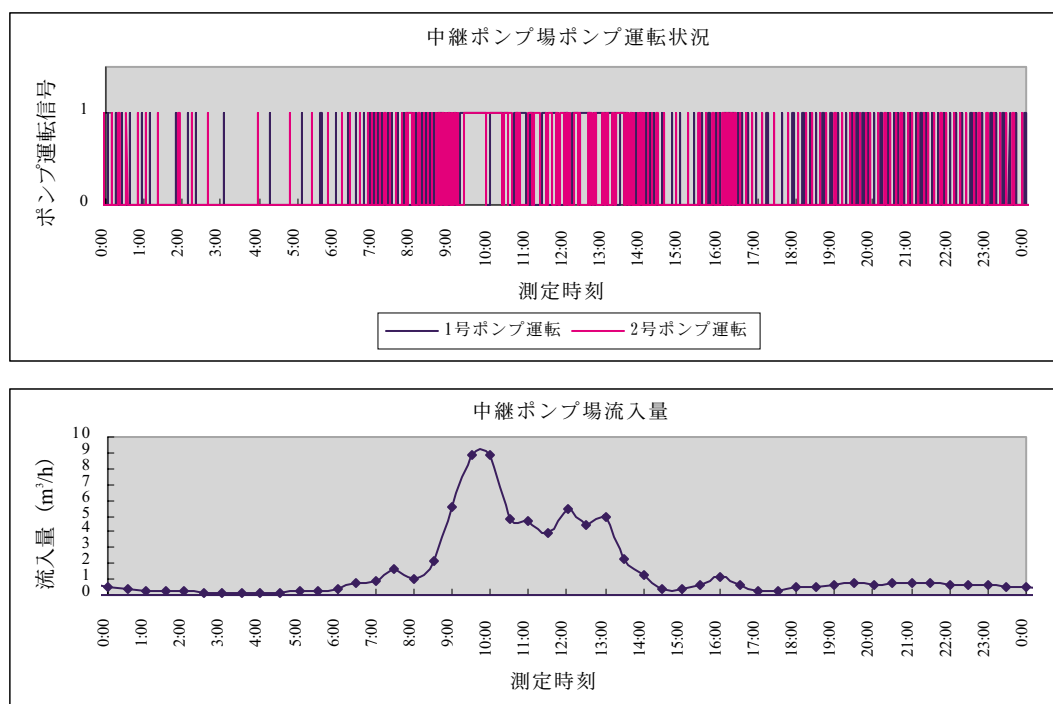


図4 中継ポンプ場の流入パターン測定例



図5 純水装置の監視画面例



図6 嫌気処理設備の運転データ例

スの細かい動きを把握することも可能である。

3.3 純水設備への適用例

純水設備への適用例として、民間食品工場の純水装置の監視例を示す。純水装置では、原水水質、採水量、処理水水質等の管理が重要なポイントとなり、問題のある時には、再生行程、薬品使用量のチェック等をおこない原因調査する必要がある。ウォーターアイの設置により、原水処理水導電率、採水量、HCL 貯槽液位、NaOH 貯槽液位等を取込み、問題発生時には即座にデータ解析をおこない早期の原因究明を可能とした。また、これらの管理と並行してイオン交換樹脂の性能把握、および薬品管理もおこない、顧客へのサービス向上に繋がっている。図5

に純水装置の監視画面例を示す。

3.4 食品排水処理設備への適用例

食品排水処理設備への適用例として、嫌気処理設備の監視例を示す。工場から排水される食品加工排水は、低濃度と高濃度に分けられ、低濃度排水は好気方式で処理され、高濃度排水のみ嫌気方式にて処理される。嫌気処理では、排水濃度が変動することがあり運転管理を適切におこなう必要がある。もし運転条件を逸脱した場合グラニュール（嫌気性塊状菌体）は解体し、処理性能が低下する。このため、ウォーターアイを設置し、当社専門技術者による適切な運転監視をおこなっている。図6に嫌気処理設備の運転データ例を示す。監視項目は、原水フィー

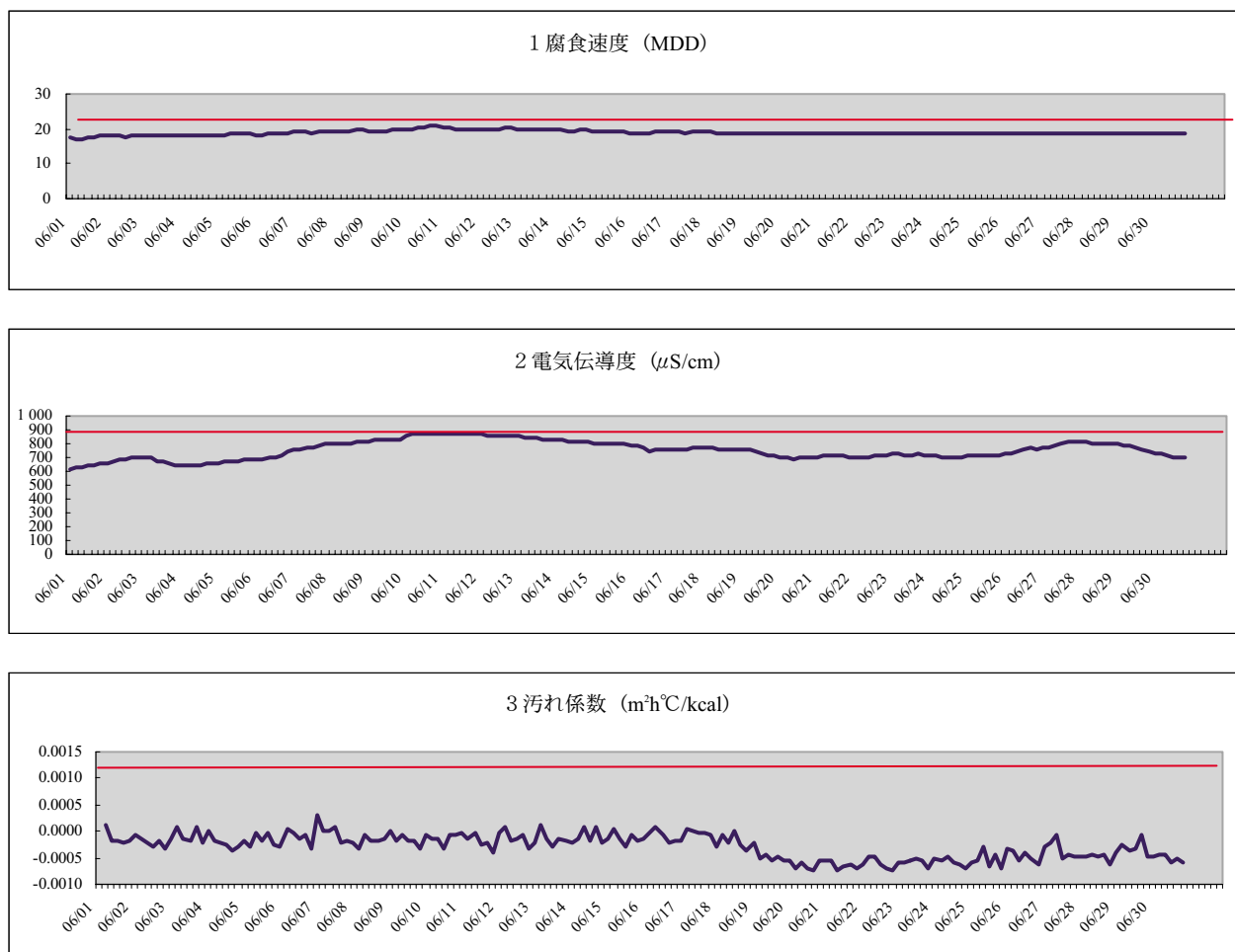


図7 冷却水水質データ管理例

ドピット pH, 原水フィードピット流量, 嫌気リアクター流入温度, 発生ガス流量, 処理水流量等であり, 流入負荷に対するガス発生量を内部演算により管理することで高負荷の検出, およびグラニュール活性度低下の検出をおこなっている。

3. 5 冷却水薬剤管理への適用例

冷却水水質管理・薬剤濃度管理への適用例として, 直接系冷却水処理設備の監視例を示す。監視項目としては, 電気伝導度, pH, 腐食速度のほか, 熱交換器の計測データから求めた総括伝熱係数をもとに汚れ係数を算出しスケーリングの指標として監視している。直接系冷却塔では, 使用点における腐食, およびスケーリング傾向を把握することが重要であり, 冷却水水質, 腐食速度, および汚れ係数等のデータから設備状況を総合的に診断し, 薬剤濃度の適正

管理に役立てている。ウォーターアイの設置により, 水質データおよび設備データがリアルタイムで把握できるようになり, 現地分析作業の低減とともに, 効率的な薬剤管理をおこなうことができるようになった。図7に冷却水水質データ管理例を示す。

む す び

ウォーターアイの機能および当社維持管理への応用について説明した。今後ともこのシステムを, 当社の維持管理のツールとして積極的に活用することにより, 監視の効率化, トラブルへの迅速対応, および設備診断による適正な運転支援等をおこない, 顧客へ付加価値の高いサービスを提供していく。また, 将来は知識ベース, シミュレーション技術との組合せにより, 高度な運転支援, 設備診断が可能な運転監視・管理システムへと発展させていきたい。

* 神鋼環境メンテナンス(株) 水処理本部 水処理技術センター

管理型最終処分場 “イー・アール・シー高城”

E.R.C.TAKAJYO, Controlled Type of Landfill Site

—— 空間とともに安心を提供いたします ——



谷口十一*
Toichi Taniguchi



室井 治*
Osamu Muroi

神鋼環境ソリューションの子会社(株)イー・アール・シー高城（宮崎県都城市高城町）が運営する廃棄物最終処分場につき紹介する。最終処分場の分類について述べ、宮崎県の廃棄物事情について概説し、イー・アール・シー高城の埋立処分状況につき報告する。また処分場の日常運営や、処分場から発生する H₂S ガス対策、浸出水処理設備の運転状況につき過去3年間のデータをもとに説明する。

さらに地元との結びつきを大切にし、地元といろいろな面で交流している例についても写真で示す。

SKS established E.R.C TAKAJYO in 1999 as a subsidiary at TAKAJYO, MIYAKONOJYO city, MIYAZAKI pref. which operates a final landfill site for industrial and residential waste. Generally speaking, a landfill site offers some space for waste. E.R.C. offers not only space, but also three kinds of trust. Those are "reliable technology for water treatment", "strong compliance" and "long-term filling capability". In this paper we introduce how to proceed final landfill site with brief operating data.

Key Words :

産業廃棄物	Industrial waste
廃棄物処理	Waste treatment
管理型処分場	Controlled type of landfill site
最終処分場	Final landfill site
廃石綿	Waste asbestos
廃石膏ボード	Waste gypsum board

【セールスポイント】

人が生活していく上で、人が産業活動していく上で、必ず発生するごみ。リサイクル技術が発達しても必ず不可避免に残るごみ。ごみの最終処分としての埋立事業を宮崎県都城市で開始して三年、(株)イー・アール・シー高城は、お客様に“安心”というレッテルをつけて“空間”を提供している。宮崎県のみならず、九州一円の廃棄物行政に貢献し続ける企業として、ハブ空港ならぬ“ハブ処分場”を目指している。

ま え が き

(株)神鋼環境ソリューション（当時は神鋼パステック(株)）は、ソリューション事業の一環として1999年11月に管理型最終処分場の建設・運営を目的とする(株)イー・アール・シー高城（ERC と略す）

を宮崎県都城市に設立した。ERC は2005年12月より、都城市高城町四家に管理型最終処分場を開業し、約3年間の運営をおこなってきた。

最終処分場である ERC は、周囲環境に留意し、お客様に対しその所有する空間容積を提供し、お客

様が持ち込まれる廃棄物で置き換えていくことが主たる仕事となる。ERC は経営の基本コンセプトをお客様に対し“空間とともに安心を提供していく”こととし、空間を売るだけでなく同時に“技術面”“コンプライアンス面”“埋立期間の面”からお客様に安心していただける体制を目指している。また処分業は地域の皆様の理解がなければ存続していけないことから“地域から期待される会社”として地元との共生に力を注いでいる。

このような ERC は、(株)神鋼環境ソリューションのグループ会社のうちでも、かなりユニークな業種に属する会社であり、ここにその状況を報告する。

1. ERC の沿革

ERC は地元からの処分場設置の要請を受け、2001年2月に産業廃棄物処理業の事業計画書（事前協議書）を宮崎県に提出、2002年2月より県の方解をえて生活環境影響調査を開始した。また同年11月には行政（当時は高城町）、地元、内陸漁業協同組合などとの間でそれぞれ公害防止協定書を結んだ。地元への説明会などを経て、2003年6月に“産業廃棄物処理施設設置許可申請書”を宮崎県に提出、同年11月に設置許可を取得、翌2004年5月より建設工事を開始した。2005年8月に工事完工後、宮崎県による施設の最終使用前検査が実施され、10月末に産業廃棄物処分業許可を取得、また11月には特別管理産業廃棄物処分業（廃石綿などに限る）を取得した。次いで処分場の名称を ERC エコセンターとし12月2日に処分場として開業した。この後、同月中旬に高城町（当時）より一般廃棄物処理業許可証をえた。

各地で処分場建設の必要性が求められているにもかかわらず地元住民からの反対運動により建設が頓挫しているケースが多く見受けられるが、ERC は地元住民からの要請を受け進出したことから、会社設立から5年という比較的短期間で開業することができた。

2. 廃棄物の種類

人間の生活活動により発生するものが廃棄物であり、ごみのように自分で利用したり他人に有償で売ることができないために不要になった固形状または液状のものと廃掃法（「廃棄物の処理および清掃に関する法律」）第2条に規定されている。発生形態や性状の違いから産業廃棄物と一般廃棄物に分類され（図1）、産業活動にともない発生する廃棄物が産業廃棄物として法に規定されており、一般家庭から排出される廃棄物など産業廃棄物以外のものはすべて一般廃棄物となる。

廃掃法に規定されている産業廃棄物は、燃えがら、汚泥、廃油、廃酸、廃アルカリ、廃プラスチック類、紙くず、木くず、繊維くず、動植物性残さ、動物系固形不要物、ゴムくず、金属くず、ガラスくず・コンクリートくずおよび陶磁器くず、鋳さい、がれき類、家畜糞尿、動物の死体、ばいじん、第13号産業廃棄物（産業廃棄物を処分するために処理したもの）の20種類である（表1）。

また、爆発性、毒性、感染性など生活環境や人間の健康に被害をもたらすおそれのあるものはそれぞれ特別管理産業廃棄物、特別管理一般廃棄物と規定されている。特別管理産業廃棄物に含まれるものは、廃油（燃焼しにくいものを除く）、廃酸（pH2.0以下の酸性廃液）、廃アルカリ（pH12.5以上のアルカリ性廃液）、感染性産業廃棄物があり、廃 PCB や PCB 汚染物、PCB 処理物、廃石綿などは特定有害産業廃棄物として分類されている（廃掃法施行令第2条の4）。

ERC の場合、廃棄物行政上からは、産業廃棄物は宮崎県の管掌、一般廃棄物は都城市の管掌となっているため、そのそれぞれから処分業の許可を受けている。

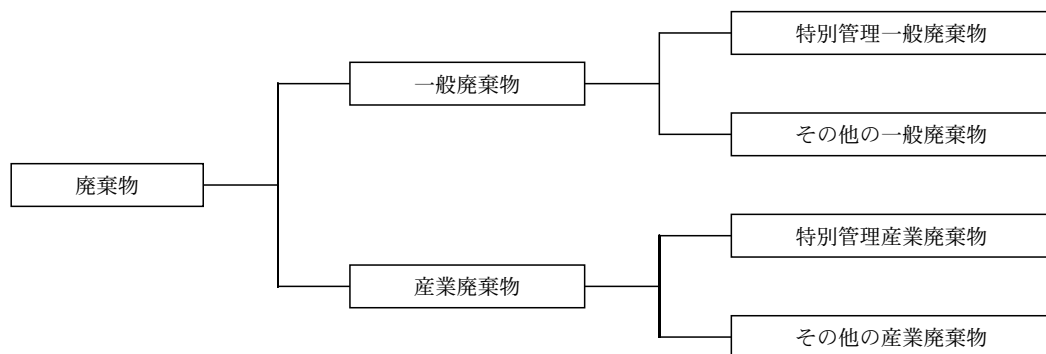


図1 廃棄物の種類

表1 産業廃棄物の種類（法第2条、施行令第2条、第2条の2、第2条の3）

種 類	指 定 業 種 な ど	具 体 例
①燃え殻		灰かす、石炭がら、コークス灰、重油焼却灰、廃棄物焼却灰、炉清掃掃出物など
②汚泥		有機性汚泥（製紙スラッジ、下水汚泥、ビルビット汚泥、消化汚泥など） 無機性汚泥（めっき汚泥、ベントナイト汚泥、石炭かすなど）
③廃油		潤滑油、切削油、洗浄油、絶縁油系廃油、動植物油系廃油、廃溶剤類、廃可塑剤類、燃料油系廃油、タールピッチ類など
④廃酸		硫酸、塩酸、エッチング廃液、染色廃液、写真漂白廃液などの酸性廃液
⑤廃アルカリ		金属せっけん廃液、廃ソーダ液、写真現像廃液などのアルカリ性廃液
⑥廃プラスチック類		廃ポリウレタン、廃スチロール、廃農業用フィルム、廃合成建材、合成繊維くず、廃タイヤ、塗料かす、接着剤かすなど
⑦紙くず	※次のものに限り産業廃棄物に該当します。 建設業（工作物の新築、改築または除去にともなって生じたものに限る） パルプ、紙、紙加工品製造業 新聞業（新聞巻取紙を使用して印刷発行をおこなうものに限る） 出版業（印刷出版をおこなうものに限る） 製本業、印刷物加工業 PCBが塗布され、または染み込んだもの	印刷くず、製本くず、裁断くず、旧ノーカーボン紙など、建材の包装紙、建設現場から排出される紙くずなど
⑧木くず	※次のものに限り産業廃棄物に該当します。 建設業（工作物の新築、改築または除去にともなって生じたものに限る） 木材、木製品製造業（家具製造業を含む） パルプ製造業、輸入木材の卸売業 PCBが染み込んだもの	建設業関係の建物、橋、電柱、工事現場の廃木材など 木材、木製品製造業関係の廃木材、おがくず、パーク類、梱包材くず、板きれ、廃チップなど
⑨繊維くず	※次のものに限り産業廃棄物に該当します。 建設業（工作物の新築、改築または除去にともなって生じたものに限る） 繊維工業（衣服その他の繊維製品製造業を除く） PCBが染み込んだもの	木綿くず、羊毛くず、麻くず、糸くず、布くず、綿くずなど ロープ、畳など建設現場から排出される繊維くず
⑩動植物性残さ	※次のものに限り産業廃棄物に該当します。 食料品製造業、医薬品製造業および香料製造業で原料として使用した動植物に係る固形状の不要物	動物性残さ（魚・獣の骨、皮、内臓などのあら、ボイルのかす、缶づめ、瓶づめの不良品、卵から、貝がら、羽毛など） 植物性残さ（酒かす、ビールかす、豆腐かす、大豆かす、野菜くず、油かすなど）
⑪動物系固形不要物	※次のものに限り産業廃棄物に該当します。 と畜場においてとさつまたは解体した獣畜に係る固形状の不要物 食鳥処理場において食鳥処理した食鳥に係る固形状の不要物	と畜場および食鳥処理場において家畜の解体などにより生ずる骨などの残さ
⑫ゴムくず		天然ゴムくず
⑬金属くず		鉄くず、空かん、鉛管くず、銅線くず、切削くず、研磨くず、溶接かすなど
⑭ガラスくず、コンクリートくずおよび陶磁器くず	「コンクリートくず」は、工作物の新築、改築または除去にともなって生じたものを除く。（⑯がれき類に該当）	ガラスくず（廃空ビン類、板ガラスくず、ガラス繊維くずなど）、製品の製造過程で生じるコンクリートくず、陶磁器くず（陶器くず、レンガくずなど）
⑮鉱さい		スラグ（高炉・平炉・転炉・電気炉などの残さい）、ノロ、不良鉱石、鉱じん、鋳物廃砂、サンドブラスト廃砂など
⑯がれき類	工作物の新築、改築または除去にともなって生じたコンクリート破片、その他これに類する不要物	コンクリート破片、レンガ破片、ブロック破片、瓦破片、アスファルトがらなど
⑰動物のふん尿	畜産農業に係るものに限り産業廃棄物に該当します。	牛、豚、にわとりなどのふん尿
⑱動物の死体	畜産農業に係るものに限り産業廃棄物に該当します。	牛、豚、にわとりなどの死体
⑲ばいじん	大気汚染防止法に規定するばい煙発生施設、ダイオキシン特措法に規定する特定施設または産業廃棄物の焼却施設で発生するばいじんであって集じん施設によって集められたもの	電気集じん機捕集ダスト、バグフィルター捕集ダスト、サイクロン捕集ダストなど
⑳産業廃棄物処理物	産業廃棄物を処分するために処理したものであって、前各欄に該当しないもの	有害汚泥のコンクリート固形化物
輸入された廃棄物	航行廃棄物および携帯廃棄物を除く	輸入された廃棄物

3. 最終処分場の分類

廃棄物の埋立てをおこなう最終処分場は以下の3種類に分類されるが、これらを区別するには、処分場内からの浸出水の状況を考えるとわかりやすい。なお処分場の設置状況は宮崎県の場合（2007年4月現在）、安定型処分場が64ヶ所、管理型処分場が8ヶ所、遮断型処分場はゼロである。

3.1 安定型最終処分場

廃棄物のうち性質が安定しており、処分場内で雨水と接触してもその浸出水を汚染するおそれがないものを埋立てる処分場であり、浸出水処理設備や、地下水への浸透を防ぐ遮水工などの設備がない。安定5品目と呼ばれる廃プラスチック類、金属くず、ガラス・陶磁器くず、ゴムくず、がれき類が埋立て対象物である。

3.2 管理型最終処分場

処分場内で雨水と接触するとその浸出水を汚染するおそれがあるため遮水工を設け、浸出水集排水設備、浸出水処理設備などが適切に整備、管理される必要のある処分場。埋立て対象物は安定型、遮断型にて処分されるものを除いた廃棄物。

3.3 遮断型最終処分場

ある定められた基準を超えた重金属や有害な化学物質を含む廃棄物を処分する処分場であり、廃棄物が無害化することがないため、永久に地下水や公共水域から遮断しておく必要がある。このため多くは完全に周囲が覆われ、雨水が浸入することがない構造となっており、浸出水はなく、したがって水処理設備もない。

4. 宮崎県の産業廃棄物事情

産業廃棄物の状況について ERC が位置する宮崎県を例に述べる。³⁾

4.1 発生・排出の状況

2006年度に宮崎県内で発生した産業廃棄物量は家畜糞尿などの第1次産業を除くと1938千トンで、このうち再資源化などに利用された有償物量が28千トン（発生量の1.5%）あるため、産業廃棄物の排出量としては1910千トンとなっている（図2）。

排出量を種類別にみると、汚泥が42%を占め、ついでがれき類26%、廃酸12%、ガラス・コンクリート・陶磁器くずが4%となっている。また排出量を業種別にみると、製造業、建設業、電気・水道

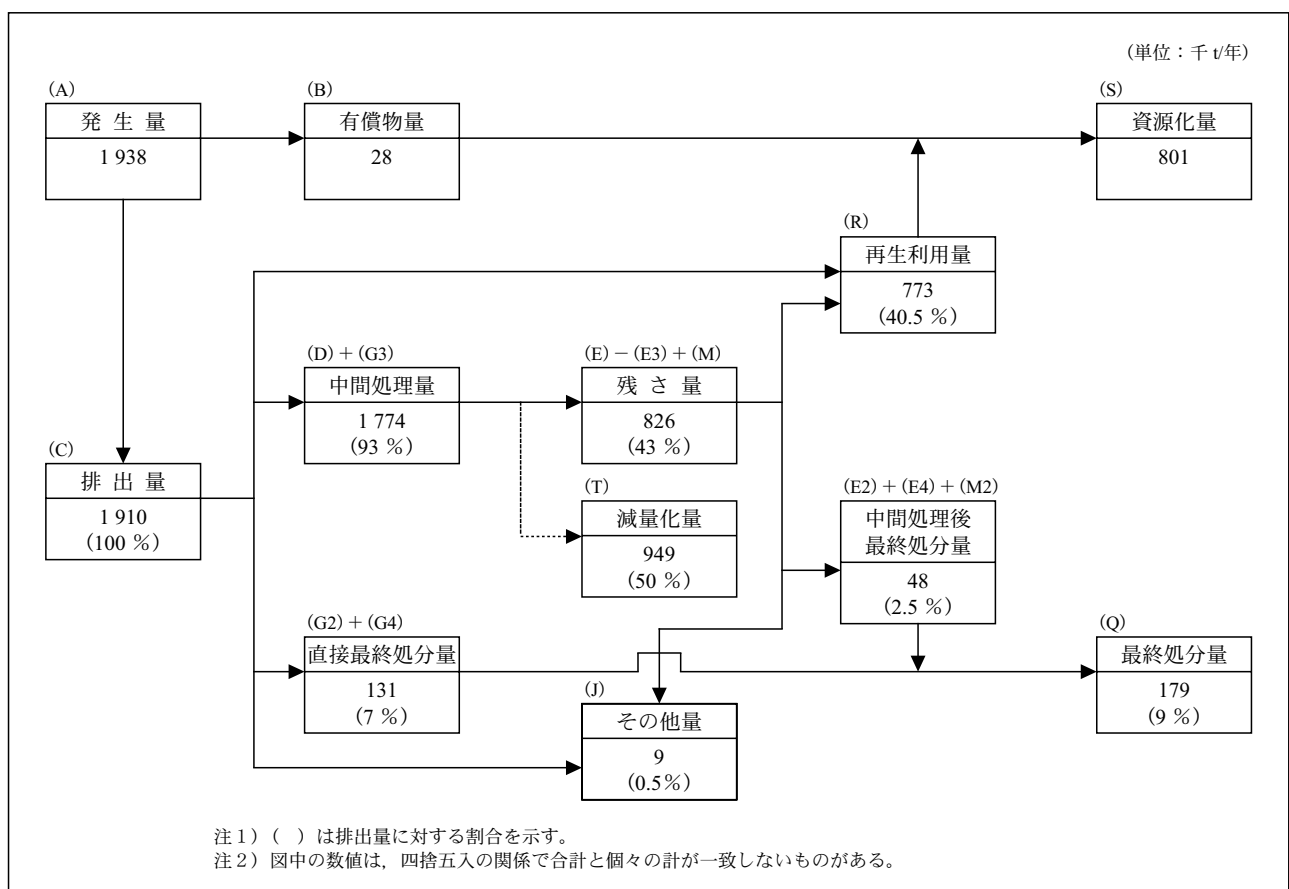


図2 宮崎県内の産業廃棄物の発生、排出状況（2006年）

業がそれぞれ30 %強ずつをしめている。

4. 2 処理・処分の状況

産業廃棄物の処理状況をみると、脱水や焼却処分などの中間処理により減量化されたものが949千トン（排出量の49.7 %）、肥料や建設資材などへリサイクルされた再生利用量が773千トン（同40.5 %）、埋立てなどの最終処分量が179千トン（同9.4 %）、その他保管などの量が9千トン（同0.5 %）となっている（図2）。前年度とくらべると発生、排出量はともに0.3 %程度増加しているが、ほぼ横ばいとして見てよい。処理状況についてみると、いずれも前年度比で減量化率が3.1ポイントの減少、再生利用率が3.4ポイントの増加、最終処分率が0.1ポイントの増加となっている。

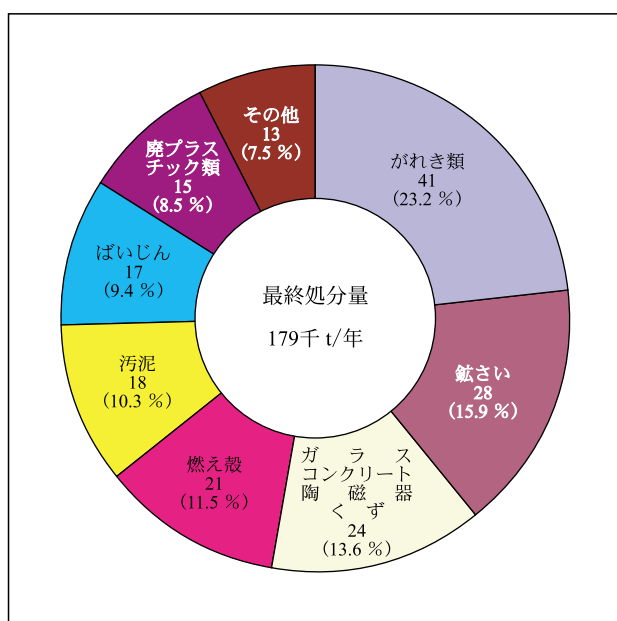


図3 種類別最終処分量（2006年度）

種類別の最終処分量は、がれき類が23 %と一番多く、次いで鋳さいが16 %、ガラス・コンクリート・陶磁器くず14 %、燃え殻12 %、汚泥10 %となっており、これら6種類で最終処分量の84 %をしめている（図3）。また最終処分場の種類別で見ると、管理型廃棄物が95千トンで53 %、安定型産業廃棄物が84千トンで47 %となっている（図4）。

5. ERC での処分状況

ERCにおいて埋立処分しているものは、前述の管理型産業廃棄物、管理型一般廃棄物のほかに汚染土壌がある。汚染土壌は、土壌汚染対策法により、有害物質の種類や汚染状態により、ある一定の基準に合致するものについては管理型最終処分場に搬入できるものと定められている。同法に定められ搬入できるのは表2に示す25の特定有害物質の第2溶出量基準に適合するものである（施行令第1条）。

2007年度にERCにて埋立処分した廃棄物および汚染土壌は総量で55千トンであり、このうち特別管理を含めた産業廃棄物が43千トン（うち特別管理は0.3千トン）、一般廃棄物0.2千トン、汚染土壌12千トンである。この種類別埋立量を図5に示す。

量的には燃え殻が圧倒的に多く全体の4割近くに達している。産業廃棄物のなかではガラスくず・コンクリートくず・陶磁器くずと廃プラスチックが約15 %となっている。ガラスくず・コンクリートくず・陶磁器くずは主として廃石膏ボードであり、従来は安定型最終処分場へ搬入されていたものが、2006年6月から管理型最終処分場で埋立てるよう行政指導され、2007年4月から廃掃法改正により安定型最終処分場での埋立ては禁止されたため、埋立量が増大した。汚染土壌は宮崎、鹿児島などで都市部

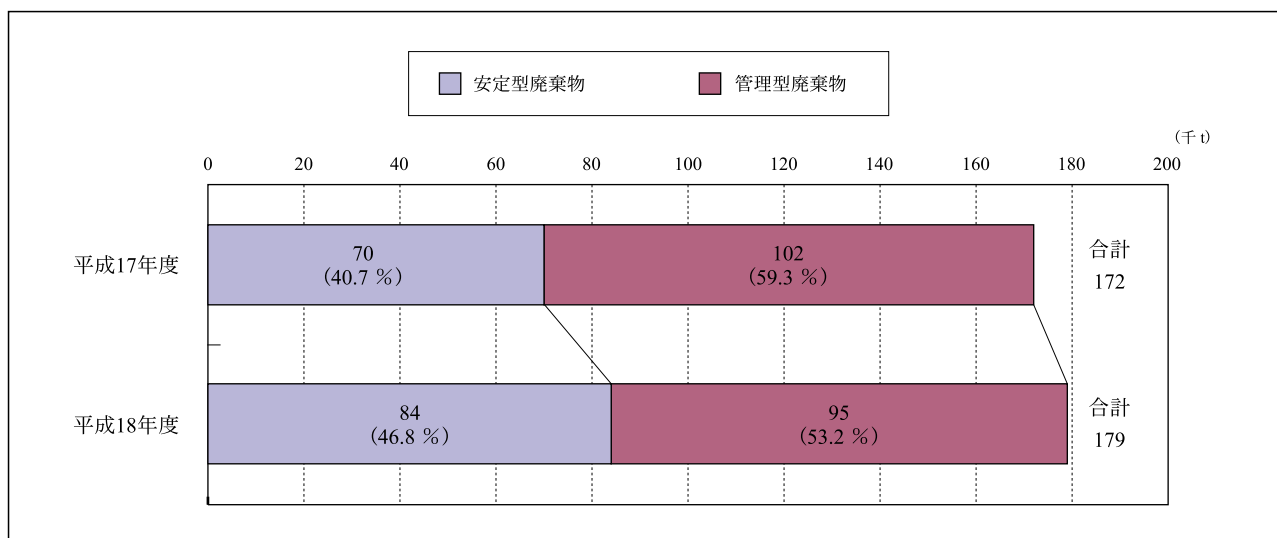


図4 最終処分場の埋立量（安定型・管理型）

表2 特定有害物質および溶出量基準

種別	項 目	溶出量基準	第2溶出量基準	含有量基準
第一種特定有害物質	ジクロロメタン	0.02 mg/L 以下	0.2 mg/L 以下	
	四塩化炭素	0.002 mg/L 以下	0.02 mg/L 以下	
	1, 2-ジクロロエタン	0.004 mg/L 以下	0.04 mg/L 以下	
	1, 1-ジクロロエチレン	0.02 mg/L 以下	0.2 mg/L 以下	
	シス-1, 2-ジクロロエチレン	0.04 mg/L 以下	0.4 mg/L 以下	
	1, 1, 1-トリクロロエタン	1 mg/L 以下	3 mg/L 以下	
	1, 1, 2-トリクロロエタン	0.006 mg/L 以下	0.06 mg/L 以下	
	トリクロロエチレン	0.03 mg/L 以下	0.3 mg/L 以下	
	テトラクロロエチレン	0.01 mg/L 以下	0.1 mg/L 以下	
	1, 3-ジクロロプロペン	0.002 mg/L 以下	0.02 mg/L 以下	
	ベンゼン	0.01 mg/L 以下	0.1 mg/L 以下	
第二種特定有害物質	カドミウム	0.01 mg/L 以下	0.3 mg/L 以下	150 mg/kg 以下
	全シアン	検出されないこと	1 mg/L 以下	遊離シアン50 mg/kg 以下
	鉛	0.01 mg/L 以下	0.3 mg/L 以下	150 mg/kg 以下
	六価クロム	0.05 mg/L 以下	1.5 mg/L 以下	250 mg/kg 以下
	砒素	0.01 mg/L 以下	0.3 mg/L 以下	150 mg/kg 以下
	総水銀	0.0005 mg/L 以下	0.005 mg/L 以下	15 mg/kg 以下
	アルキル水銀	検出されないこと	検出されないこと	
	セレン	0.01 mg/L 以下	0.3 mg/L 以下	150 mg/kg 以下
	ふっ素	0.8 mg/L 以下	24 mg/L 以下	4 000 mg/kg 以下
	ほう素	1 mg/L 以下	30 mg/L 以下	4 000 mg/kg 以下
第三種特定有害物質	有機燐	検出されないこと	1 mg/L 以下	
	PCB	検出されないこと	0.003 mg/L 以下	
	チウラム	0.006 mg/L 以下	0.06 mg/L 以下	
	シマジン	0.003 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下	
	チオベンカルブ	0.02 mg/L 以下	0.2 mg/L 以下	

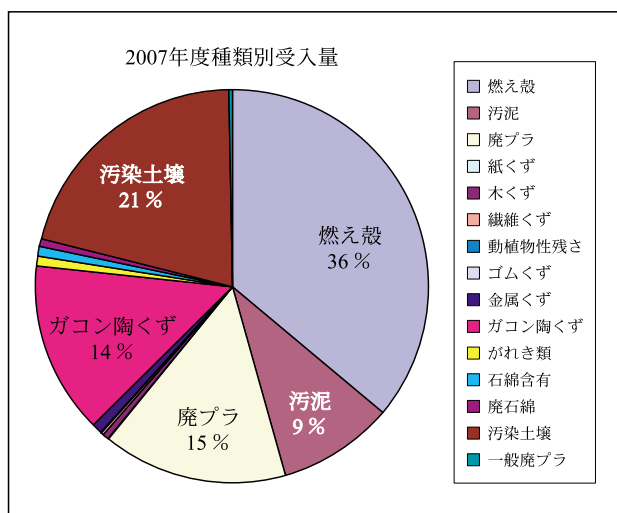


図5 ERCでの種類別埋立量

の開発が進みホテルの建設予定地などで油汚染土が見つかりそれを処理したものである。今後も同様なケースが期待される。

図6に排出県別の受入量を示す。産業廃棄物のERCへの搬入は宮崎県内から排出されたものが基本であるが、事前協議制度により県外からの搬入が

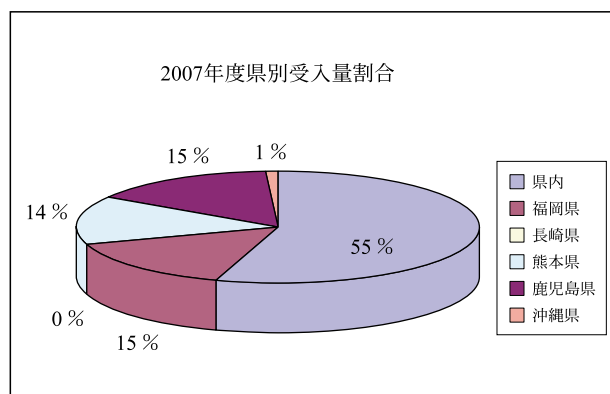


図6 ERCへの県外搬入量

可能である。これは宮崎県県外産業廃棄物の県内搬入処理に関する指導要綱第6条第1項の規定により、製造および排出工程図、排出場所、搬入方法（排出事業所、収集運搬業者、処分業者名を明記）、必要な分析証明書を添付して県外産業廃棄物搬入事前協議書を保健所経由にて県知事へ提出する。県担当部署にて内容を吟味、検討し、妥当と認められれば県外産業廃棄物搬入承認通知書が県知事名にて送達される。このプロセスを経て県外産業廃棄物が搬入さ

れる。現状では対象地域が基本的に九州圏内に限られ、かつその県内で処分が不可能な場合に限られてはいる。

ERC の場合、受入量は県内、県外の比率が55対45となっている。県外については図6に見るように福岡県、鹿児島県、熊本県からの搬入がほぼ1/3ずつとなっており、今後は沖縄県からの搬入も増えてくるものと考えている。

6. ERC の主要設備諸元

ERC の設備について簡単にふれておく。

全体の工事を2期にわけて実施している。埋立容量は約97万 m³ で、このうち1期分は47万 m³ であり、その埋立期間を約10年と考えている。したがって全体では約20年の操業期間を予定している。開業当時の処分場の写真を写真1に示し、直近の写真を写真2に示す。写真1に見られるように処分場の内部を大きく3つの区画に分け、順次埋立をおこなっている。区画を切ることで廃棄物を搬入した区画以外に降る雨水はそのまま外部へ流すことができる。



写真1 開業当時の処分場



写真2 埋立進行中の処分場

処分場運営のノウハウの一つとしていかに処理する水の量を減らすかということがあり、埋立が進んだ写真2の状態でも、埋立進行中の区域と埋立を一時中断している区域に分け、埋立中断中の区域の表面にはブルーシートを敷き詰め、表面に降る雨水は集めて雨水として場外に排除している。

また埋立方式は、廃棄物を埋立てた層がある一定の厚み(約3m)になると、その上に覆土を約50 cm かぶせるサンドイッチ方式と、飛散性あるいは臭気のあるような廃棄物は周辺環境を考慮し、埋立てると同時に、その廃棄物の周辺のみを覆土するセル方式の両方を併用している。

処分場内に降る雨が主として浸出水となるが、これは遮水工として、処分場の底部を図7に示すような遮水シート2層を保護マット3層で覆った5層構造の遮水設備を施し、浸出水を全量捕捉し、水処理をおこなうための浸出水調整槽へと導いている。

水処理設備については8項にて述べる。処分場での埋立作業はお客様から持ち込まれた廃棄物の重量測定から始まるが、この重量はトラックスケールにてトラックに廃棄物を乗せた状態で測定する。トラックスケールは秤量50トンで最小計測重量は10 kg、トラックスケールの長さは15 m あり、トレーラを含むほとんどの運搬車両の計測が可能である。

7. 仕事の流れ

処分場を運営する上で大切なことは、受入基準に合致しない廃棄物や、水処理施設に多大な負荷を及ぼすような廃棄物の搬入を防止することである。このためお客様(主として排出業者様)から処分の依頼があったときは最初に廃棄物の情報をできるだけ入手し、その廃棄物を適正に処理する手段を考えていく。図8に処分の依頼をいただいたときから処分

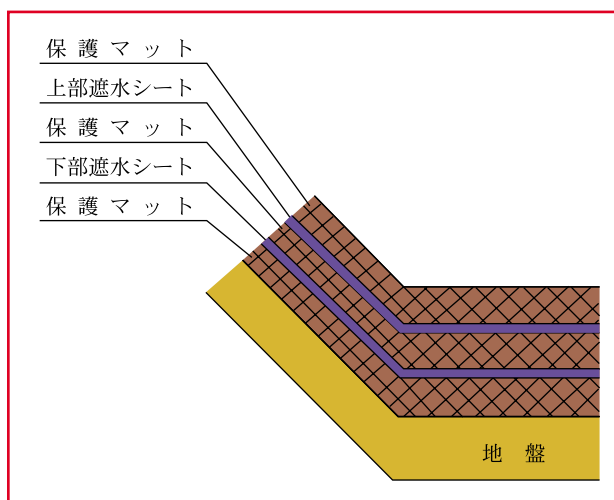


図7 遮水構造図

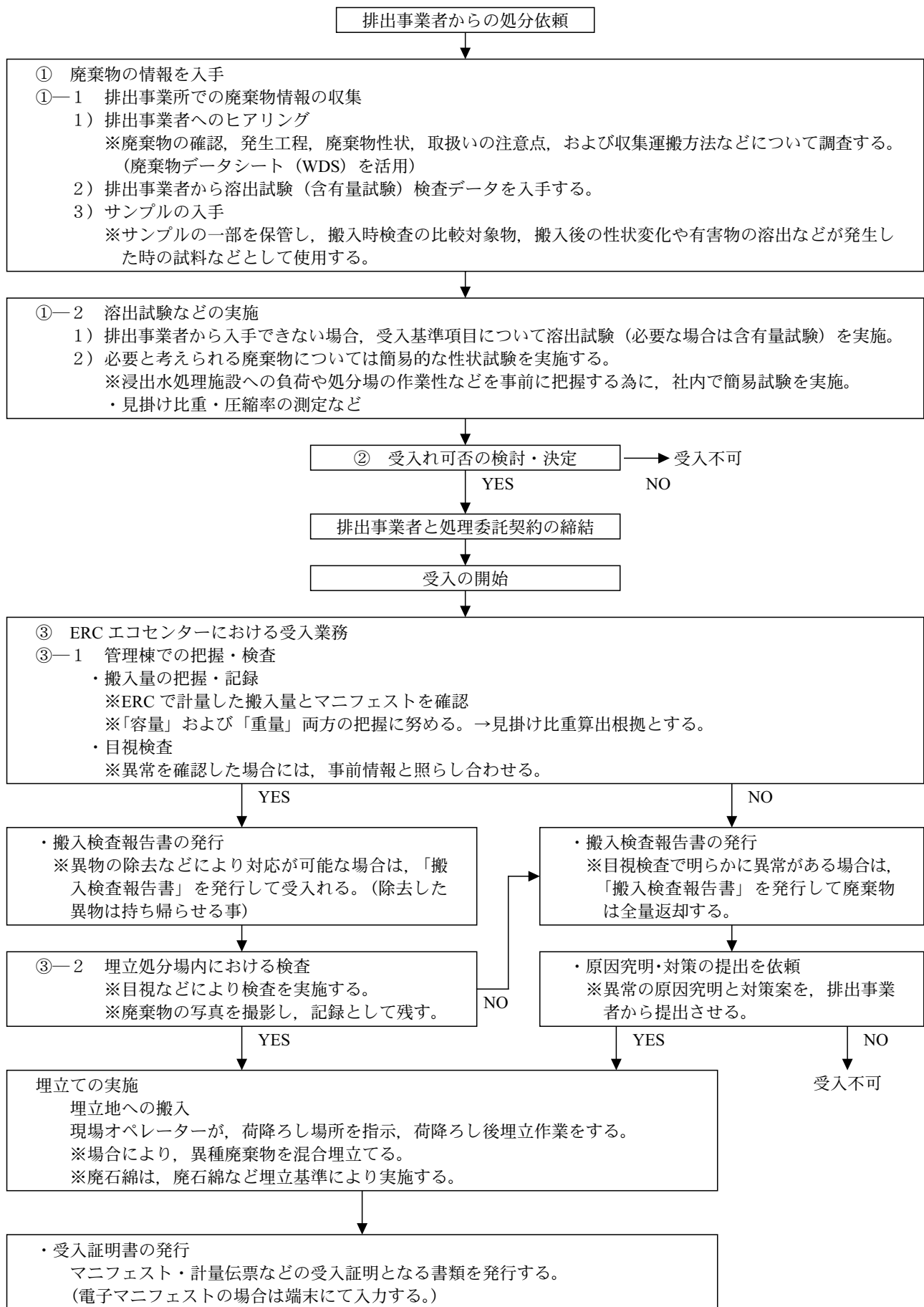


図8 基本的な仕事の流れ

場での埋立てを終えるまでの流れを示した。

大まかにいえば、トラックで搬入されてきた廃棄物が処理委託契約で決められたものであることを受付でマニフェストにて確認し、目視検査をおこない、廃棄物を搭載したままでトラックの重量を量る。目視でマニフェストと合致していれば処分場内へ搬入され、指示した所定の場所で荷下ろしする。このとき廃棄物を地上に展開しマニフェスト記載のものであることの再確認をする。確認ができれば廃棄物は埋立て、必要あれば作業状況をデジカメで記録する。トラックは受付にて再度重量を計量し、搬入時重量との差を埋立重量とし、この数値をもとにして産業廃棄物税が課税される。

8. 水 処 理

水処理のフローを図9に示す。

処分場内から集排水される浸出水は浸出水調整槽に貯留されるが、調整槽はコンクリート製の3槽と掘削固化した土層の上にシートを敷き詰めたシート水槽に分かれて写真3に示す建家の中に設置されており、その容量は17 600 m³である。建家内に設置しているのは雨水の入り込みにより水処理量が増えることを防ぐためである。

水処理は図に示したように、浸出水調整槽からカルシウム除去装置を経て、生物処理、凝集沈殿処理がおこなわれ、処理水質が放流基準を満たさない場合にはさらに、DT モジュールユニット（写真4）により逆浸透膜処理され、中和滅菌されたのち放流される。DT モジュールは海水淡水化にも使用されているものであり、これでほぼ完全に浄化される。

水処理設備への流入水質と放流水質基準値を表3に示す。またここに例示した項目以外に総理府令（“産業廃棄物最終処分場の技術上の基準 昭和52年総理府・厚生省令1号第2条”および“一般廃棄物最終処分場の技術上の基準 昭和52年総理府・厚生省令1号第1条”）に示された項目についても基準値以下にするのはいうまでもない。

図9に示したカルシウム除去設備は、処分場の運用を開始してからのちに増設したものである。処分場の設計をおこなったときに想定した廃棄物の構成は、無機汚泥35 %、廃プラスチック23 %、がれき類18 %、燃えがら14 %、その他10 %と想定していた。しかし2006年6月に廃石膏ボード（主成分CaSO₄）は石膏にボードと接着させるのりなどが問題となり、それまで安定型最終処分場に搬入されていたが管理型最終処分場にて処分するように行政指導が開始され、2007年4月からは法改正により安定型で処分が



写真3 水処理設備全景



写真4 DT モジュールユニット

表3 流入水質と放流水質について

	浸出水 原水水質	基準値 (処理水水質)	除去率 (%)
pH (—)	5～9	5.8～8.6	—
BOD (mg/L)	300	20 以下	93.3 以上
SS (mg/L)	200	30 以下	85.0 以上
大腸菌群数 (MPN/100 mL)	—	1 000 以下	—

できなくなった。このため、廃石膏ボードのERCへの搬入も増加、2007年度の搬入廃棄物の構成は、燃えがら36 %、廃プラスチック15 %、廃石膏ボード14 %、無機汚泥9 %、汚染土壌21 %、その他5 %と、実態は当初の想定と大きく変化した。このように廃石膏ボードの埋立比率が大きくなり、浸出水質の逆浸透膜表面でCa²⁺、SO₄²⁻などの析出成分が計画値を大きく上回ったため、浸出水中のカルシウムをDT モジュールの前段で除去する設備を増設したものである。

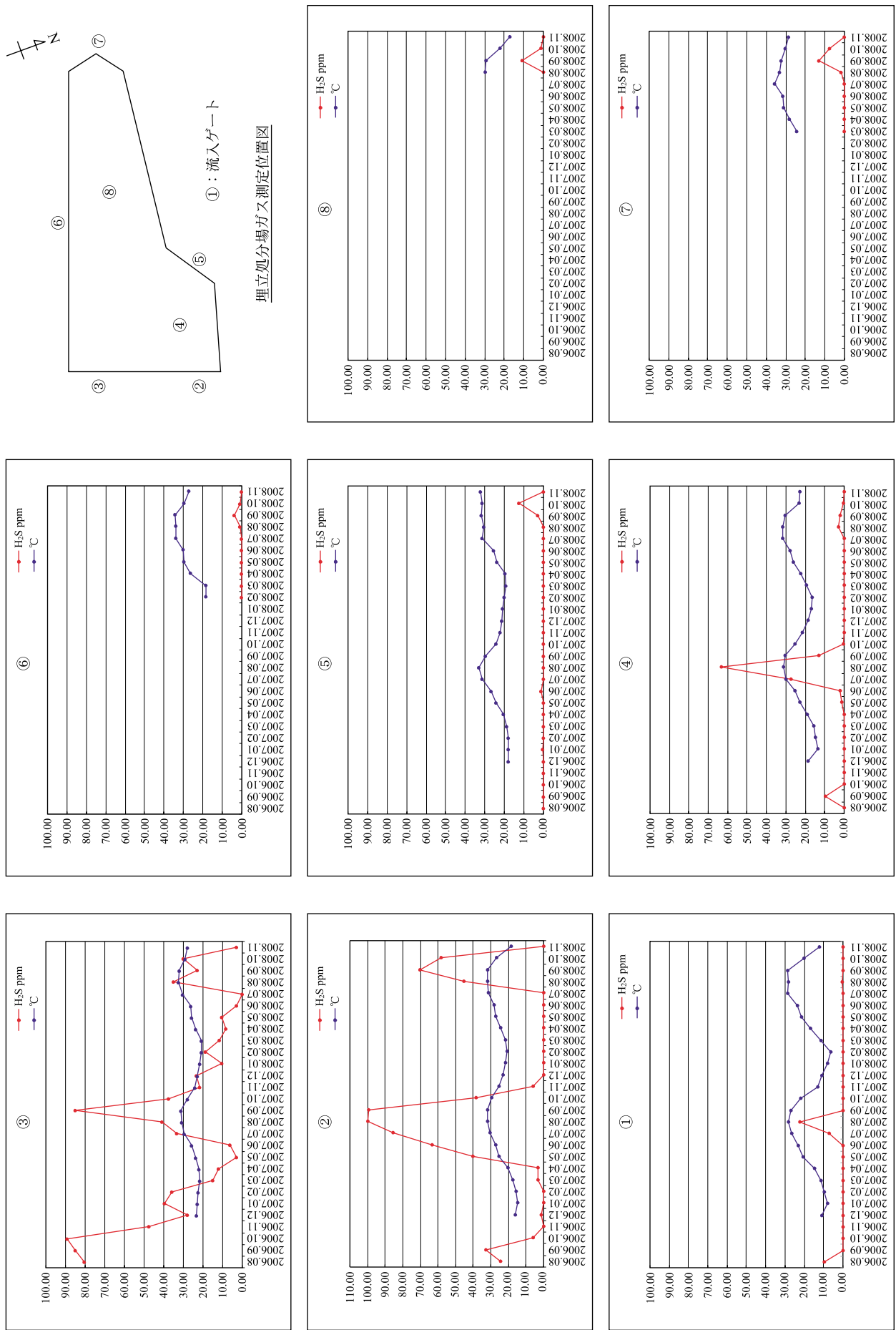


図10 埋立処分場 H₂S 濃度・温度データ

9. 運転の状況

処分場の埋立状況は、2008年上期末で第1期埋立容量47万 m³ に対し20 %程度の進行状況である。埋立高さは処分場内全面にわたり5～10 m 程度である。

図10に埋立処分場内の H₂S のガス濃度と温度を示す。測定は毎日処分場内の定められた空気抜き管で実施、図は測定値の一部を示している。当社は、準好気性埋立方式を採用しており、浸出水の排水配管は十分な大きさを有しており、配管断面の下段約1/3は浸出水が処分場から調整槽に流れていく排水路となり、上段側は空気が処分場内の廃棄物層に流入する空気流路構造となっている。埋立廃棄物の多くは無機物であるが、燃えがらや廃プラスチックに含まれ、あるいは付着している有機物や、廃石膏ボード、有機汚泥などに対し、廃棄物の早期安定化（無機化）などに、この埋立方式は有用である。図10の②、③、④地点付近などの初期に埋立てたエリアについては、H₂S ガス濃度などの変化を見ると初期に分解する有機物については、ほぼ順調に反応が終了している様子がみられる。

処分場における H₂S の発生要因は以下の5点が考えられる。

1) 嫌気性状態

埋立層内部を準好気性状態にすることで改善可能

2) 水分

処分場は屋外設置であり、雨水の浸入は不可避

3) 有機物

廃石膏ボードに付着するのり、紙や廃プラスチックに付着する油などの有機物、木くずなど、必ず存在する

4) 硫酸イオン

廃石膏ボードの成分に含まれるため、必ず存在する

5) 菌

分解に必要な菌であり、空气中に必ず存在する

以上の5要因のうち2～5の4要因は処分場内においてなくすることは不可能なので、1の嫌気状態をできるだけ好気状態にするように努めている。対策として、測定したガス濃度などを参考にし、通常の空気抜き設備以外に、栗石などを利用した空気抜き設備を追加設置している。また年間埋立計画を策定するなかで、とくに降雨量が多い梅雨期や台風シーズンには、写真2に見られるような浸出水量を削減すべく、表面排水が可能な高さまで埋立てた部分については、埋立作業が支障なくおこなえる最小面積を残し、ブルーシートなどを利用して、降雨を雨水として場外へ排水している。

次に、水処理施設の状況を、浸出水原水および処理水の水質により表したものが図11であり、廃棄物

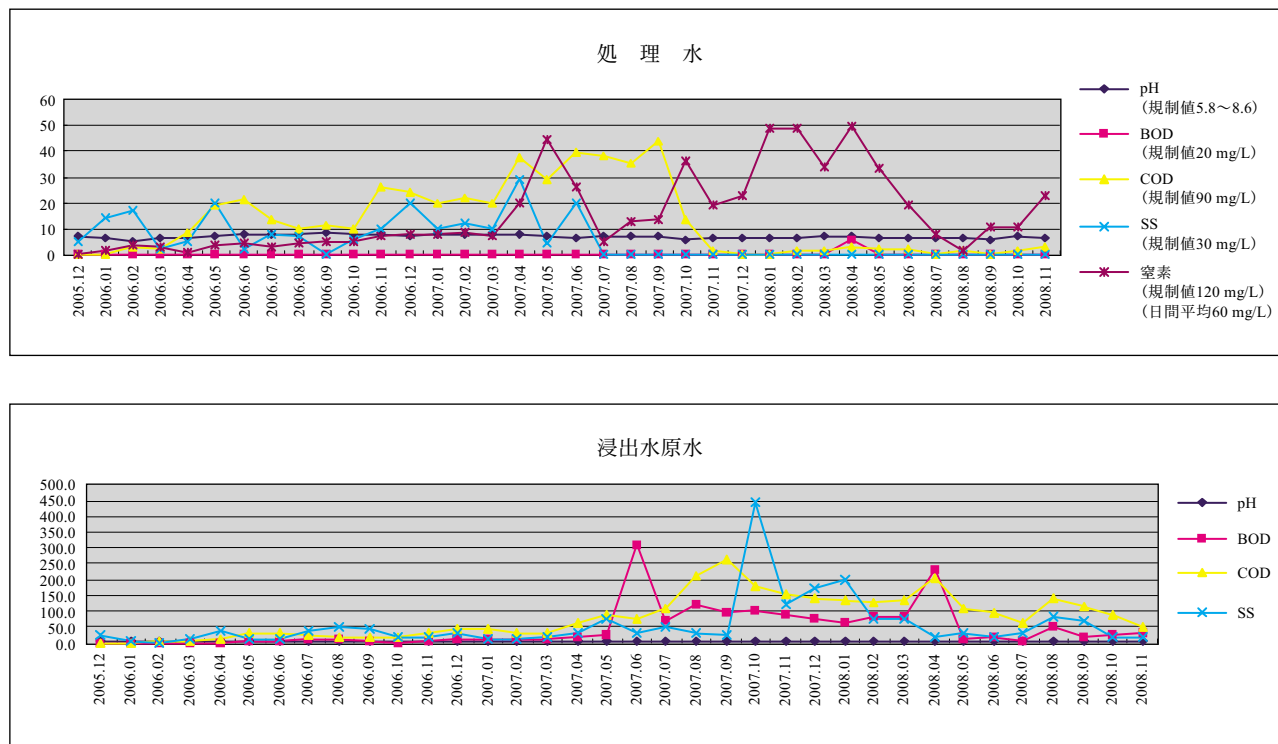


図11 浸出水原水・処理水 水質データ



写真 5—1 地域住民との共生



写真 5—2

の搬入を開始した2005年12月から2008年11月までを示している。2007年6月頃から浸出水原水の悪化が見られるが、廃棄物の搬入が軌道に乗ってきた時期に合致している。現状では、処分場内の埋立高さが全断面において5mを超えており、廃棄物層が濾過層（吸着層）の役割をはたし、また廃棄物層内部を準好気性に保つことにより、高濃度の有機成分をもつ廃棄物の搬入があっても、ある程度の量以下であれば浸出水原水の水質に大きな影響を与えないような構造となっていると考えられる。2008年6月からそのような変化が現れている。

処理水の水質については、法律で定められた1回／月の測定を pH, BOD など少なくとも5項目につ



写真 5—3

いて実施しており、ダイオキシン類を含む38項目の分析については1回／年実施し、分析結果については毎年宮崎県に報告しているが、全項目ともすべて基準値を満足している。

む す び

ERC では、地域密着型の経営を心がけている。過疎化の進む地元に対し、少しでも雇用を促進し、進んで地元に関わり込んでいくことが必要である。地元も高齢者が増え、仲間同士でうち解けあう機会が減っているという。ERC では地元の皆さん方に喜んでいただけるよう、春夏秋冬に定例的な行事をおこない、地元と我々、地元の人同士が交流する機会を提供している。春の花見、7月末の夏祭り、秋にはゲートボールやグラウンドゴルフの大会を開き、12月にはゴルフ大会と子供さんたちのためのクリスマス会。その様子の一端を写真5に示したが、皆さん、心から喜んでいただいている。

【参考文献】

全般的には

- 1) 廃棄物法制研究会監修：廃棄物処理法法令集（2006）株式会社ぎょうせい
- 2) 広島県：廃棄物処理法の概要（産業廃棄物関係）
<http://www.pref.hiroshima.lg.jp/eco/i/i2/gaiyo/index.htm>
- 3) 宮崎県：平成19年度宮崎県産業廃棄物処理計画進管理事業に係る実態調査報告書（平成18年度実績）（2007）財団法人日本環境衛生センター

*（株）イー・アール・シー高城

CO₂ 削減に貢献する嫌気性廃水処理装置 「PANBIC-H」

有機性廃水の処理では空気を吹き込んで微生物により有機物を分解する「好気処理」が広く使われていますが、この方法は曝気動力の費用が大きいのが難点でした。これに対して、空気を必要としないだけでなく、有機物からメタンガスを生産し、ボイラーや発電機の燃料として活用できるのが「嫌気処理」で、有機物濃度の高い廃水で特に大きな省エネルギー効果を発揮します。

1990年代前半には「上向流嫌気性汚泥床 (UASB)」という方式が嫌気処理の主流となっていましたが、これをさらに発展させたのが「PANBIC-H」です。微生物の流出防止機構を極限まで小型化し、従来比 1/2～1/3 というコンパクトな設備での処理が可能となりました。ビールなどの飲料や食品工場を主体に、数多くのユーザーにお使いいただいています。

