



神鋼環境ソリューション 技報 Vol. 9 No. 1

KOBELCO ECO-SOLUTIONS ENGINEERING REPORTS

目次	CONTENTS
1 <巻頭言> これからの Waste to Energy	
2 低動力型膜分離活性汚泥法	Energy-saving Membrane Bioreactor
6 神戸市東灘処理場 再生可能エネルギー生産・ 革新的技術実証研究 (B-DASH プロジェクト)	Demonstration Research on Renewable Energy Production and Innovative Technologies at Higashinada Sewage Treatment Plant in Kobe City (B-DASH Project)
11 バイオガス都市ガス導管注入実証 (その2) (2011 年度の実証報告)	Demonstration of Injecting Biogas into City Gas Pipeline (Second Report) (Demonstration Test Report in Fiscal 2011)
16 新型 DCS の中規模プラントへの適用	Application of New Style DCS for Medium Scale Plant
22 施設・技術紹介	
26 製品・技術紹介	
29 納入実績紹介	
30 TOPICS	

これからの Waste to Energy



京都大学大学院 工学研究科 都市環境工学専攻

教授 **高岡昌輝**

Masaki Takaoka

廃棄物処理に係わる優先順位は、リデュース・リユース・リサイクル（いわゆる3R）、次に熱回収、最後に適正処分とされている。つまり、単に発生したごみを焼却するのではなく、できるかぎり3Rを推進し、残った3Rに適さないごみについては熱回収を行い、最後に残ったものを適正処分するという枠組みが現在の廃棄物処理の基本である。環境省の統計によると、一般廃棄物の発生抑制は順調に進み、現在の我が国の一般廃棄物は4500万トンレベルとなり、1980年代後半と同等程度になっている。このことは循環型社会の指標である最終処分量、循環利用率にも表れており、これら2つの指標は2015年度に達成すべき目標を前倒しですでに達成している状況にある。また、廃棄物処理、とくに焼却処理の懸念材料であるダイオキシン類の排出についても1997年比で約2%と激減しており、より安全性の高い廃棄物処理システムを維持しているといえるだろう。

その一方で廃棄物からのエネルギー回収についてみると、着実に伸びつつもやや頭打ちの感がある。環境省の廃棄物処理施設整備計画において、2012年度のごみ焼却施設の総発電能力の目標値は2500 MWであるが、大きく及ばない状況である。福島第一原子力発電所事故以降、我が国のエネルギー構造の問題が脚光を浴び、再生可能エネルギー、未利用エネルギーに注目が集まっている中、廃棄物発電施設はもっと評価されるべきエネルギー供給施設といえるだろう。筆者の試算では、一般廃棄物発電だけで100万 kWの原子力発電所約4基分程度のポテンシャルがある。このポテンシャルは2030年に再生可能エネルギーがエネルギー構造の20%程度を占めた際のその再生可能エネルギーの10%程度を担うことに成り得る大きさであり、決して少なくない量である。産業廃棄物発電や電力だけでなく熱利用も含めると廃棄物はさらなる潜在的エネルギーを持ち合わせているといえよう。

今後、さらにエネルギー回収あるいは省エネルギー技術の高度化、技術革新が望まれるが、それだけでは限界がある。より効率的に廃棄物からエネルギーを回収し、利用するには社会システムの変化も必要である。廃棄物問題は人口や産業など地域ごとに特色がある。したがって、集中と分散の両方をその地域・場に応じて推進していくことになるだろう。たとえば、同じ静脈系施設である下水処理システムとの連携が図れる施設においては、メタン発酵をキーとして連携をはかることによって、ごみ処理、下水処理のエネルギー消費の低減、コストの低減がトータルとして図れることは机上ではわかっている。しかしながら、このような連携を実効的に行っていくことには様々なハードルがある。これからは地域の中の静脈系施設の位置づけを再定義し、それを支援する仕組みが必要であると思われる。廃棄物のエネルギー利用は緩やかながら着実に進んできたといえるが、今後、より一層活発な技術開発とシステムの変革が求められ、それらの成果は我が国だけでなく、世界、とくにこれから社会インフラの整備が進んでいく地域で必要とされるだろう。

低動力型膜分離活性汚泥法

Energy-saving Membrane Bioreactor



丸野 紘史*
Hirofumi Maruno



島田 光重*
Mitsushige Shimada



石山 明*
Akira Ishiyama



三浦 雅彦*
Masahiko Miura
農学博士

当社は、従来の処理性能を維持したまま、曝気量を削減することを目的に、好気槽内に揺動担体を用いた低動力型膜分離活性汚泥法（MBR）を考案した。担体に汚泥を付着させることで、活性汚泥濃度を10 000 mg/L から5 000 mg/L に低減しても、従来と同等の水処理性能を維持させた。また、活性汚泥濃度を半減させると、総括酸素移動容量係数が2倍になることを確認し、生物処理向けの曝気量を削減することができた。さらに、50 m³/d 規模の実証運転を行った結果、本報で提案する低動力型 MBR の省エネルギー性を実証できた。

We designed noble low-aeration MBR. To reduce aeration volume, MLSS concentration was decreased from 10 000 mg/L to 5 000 mg/L. To keep nitrification activity, swinging bed carrier unit was installed in aeration tank. The carrier captured activated sludge and makes up for reduced biological activity. Moreover, we found out α -value, which is defined as the ratio of process water and clean water overall volumetric oxygen transfer coefficient, became 2-times higher, when MLSS concentration was decreased from 10 000 mg/L to 5 000 mg/L. We carried out verification test of low-aeration MBR using 50 m³/d scale pilot-plant. At this test, the aeration for biological treatment was reduced to 50 % and the treated water quality was the same level as that of conventional MBR system.

Key Words :

低動力型 MBR
揺動担体ユニット
総括酸素移動容量係数

Energy-saving MBR
Swinging bed carrier unit
Overall volumetric oxygen transfer coefficient

【セールスポイント】

従来の MBR に比べ、水質を維持したまま曝気量を削減でき、省エネルギーである。

まえがき

膜分離活性汚泥法（以下、MBR）とは、好気槽内に設置した膜ユニットにより固液分離を行う活性汚泥法である。そのため、最終沈殿池が不要であり、高い活性汚泥濃度（MLSS 濃度）を維持した運転が可能であるので、従来の活性汚泥法と比較して装置が小型になり、安定して良質な処理水を得られ

るなどのメリットを有している。MBR には、膜面洗浄曝気と生物処理向け散気（補助散気）が必要であり、これらの曝気量削減が動力コスト低減に直結する。膜面洗浄曝気については、曝気量削減可能性が報告されている¹⁾。一方、補助散気に関しては、MBR では MLSS 濃度が高く（10 000 mg/L 程度）、汚泥粘度が高いため、総括酸素移動容量係数が低

く、多大な曝気量が必要となる。そこで、本報では、補助散気の曝気量削減を目的とし、好気槽内に揺動担体を設置して微生物を保持させることにより、浮遊性の MLSS 濃度を低減 (5 000 mg/L) させ、総括酸素移動容量係数を改善させた低動力型 MBR を考案し、曝気量削減効果の実証試験を行った。

1. 理論

単純に補助散気の曝気量を低減しただけでは、好気槽内酸素濃度が低くなってしまい、生物処理に悪影響をおよぼす。そこで、生物処理に必要な酸素濃度を維持するためには、活性汚泥中への酸素の溶け込みやすさ、つまり、総括酸素移動容量係数を大きくする必要がある。

総括酸素移動容量係数は、曝気槽が単位時間に気相から液相へ酸素を移動させる、すなわち、溶存酸素を生成させる能力を示す係数である。また、Eckenfelder の経験式より、以下の条件式が成り立つ。

$$(K_L \cdot d_B / D) \cdot H_L^{1/3} = C \cdot (d_B \cdot V_B / v) \cdot (v / D)^{1/2} \quad (1)$$

ここに、 K_L : 総括酸素移動係数 (m/h)

d_B : 気泡直径 (m)

V_B : 気泡上昇速度 (m/h)

H_L : 曝気深度 (m)

C : 係数 ($m^{1/3}$)

D : 分子拡散係数 (m^2/h)

$v (= \mu / \rho)$: 動粘性係数 (m^2/h)

さらに、単位体積当たりの気泡表面積 a (1/m) を次式で求める。

$$a = 6 \cdot G_S \cdot H_L / (d_B \cdot V_B \cdot V) \quad (2)$$

ここに、 G_S : 空気量 (m^3/h)

V : 容積 (m^3)

(1)(2) より、総括酸素移動容量係数 $K_L a$ は、

$$K_L a \propto (1/\mu)^{1/2} \quad (3)$$

ここに、 $K_L a$: 総括酸素移動容量係数

μ : 粘度

よって、活性汚泥の粘度を低減することで、総括酸素移動容量係数が増加し、曝気量を削減することが可能となる。

また、本報では低動力性の検証を行う上で、汚水と清水の総括酸素移動容量係数の比である α 値を

基に検証した。

2. 試験装置

本報で提案する低動力型 MBR の試験装置概要を表 1 に、概略図を図 1 に示す。また、写真 1 に試験装置の外観および、投入した揺動担体ユニットを示す。試験装置には、下水処理場の最初沈殿池の流入水を、スクリーンにて夾雑物を除去した後、無酸素槽に流入させた。処理方式は循環式硝化脱窒法である。好気槽には、揺動担体ユニットと浸漬型中空糸膜を設置し、また、膜面を洗浄するための膜面洗浄散気装置と活性汚泥への酸素供給のための補助散気装置を設置した。

表 1 試験装置の概要

		仕様
反応槽	無酸素槽	1.3 mW × 1.3 mL × 有効水深 3.7 mH
	好気槽	1.3 mW × 1.3 mL × 有効水深 3.7 mH
膜モジュール	形式	浸漬型中空糸膜モジュール
	材質	PVDF (ポリフッ化ビニリデン)
	膜面積	25 m ² /モジュール
	公称孔径	0.1 μm

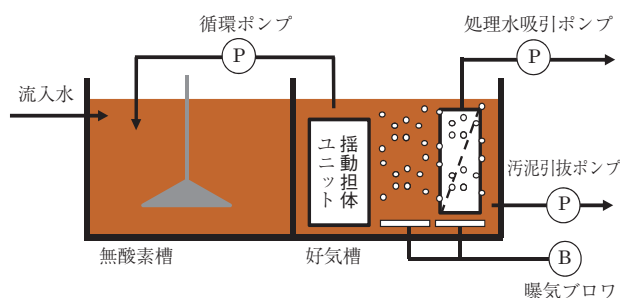


図 1 試験装置の概略図



写真 1 試験装置の外観および揺動担体ユニット

3. MLSS 濃度、粘度および α 値の関係

1 章において、活性汚泥の粘度 μ を低減すると総括酸素移動容量係数が増加し、曝気量を削減できることが示された。

そこで、MLSS 濃度が 4 000 mg/L ~ 13 000 mg/L の範囲で活性汚泥の粘度を測定し、MLSS 濃度と汚泥粘度の関係を調査した。また、MLSS 濃度 10 000 mg/L 程度（従来 MBR 相当）と MLSS 濃度 5 000 mg/L 程度（低動力型 MBR の想定）で総括酸素移動容量係数を測定し、清水での総括酸素移動容量係数との比である α 値を算出して、それぞれの関係性を調査した。

MLSS 濃度と汚泥粘度の関係を図 2 に示す。MLSS 濃度を 10 000 mg/L から 5 000 mg/L に低減すると、汚泥粘度は約 1/4 に低減することが確認できた。

つぎに、MLSS 濃度と α 値の関係を図 3 に示す。また、MLSS 濃度と α 値の既往研究結果^{2), 3), 4)} を同図に示す。

MLSS 濃度を 10 000 mg/L から 5 000 mg/L に低減すると、 α 値は約 2 倍となることが確認できた。つ

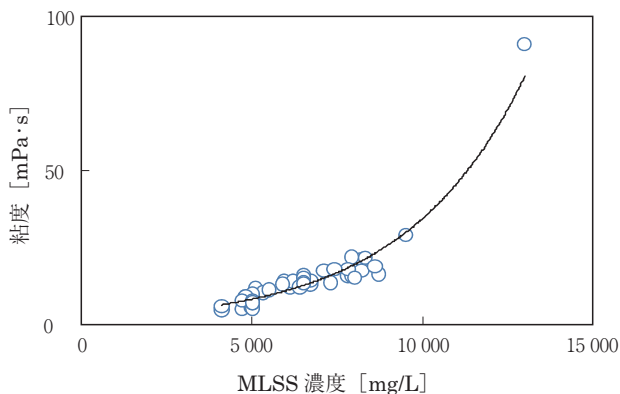


図 2 MLSS 濃度と汚泥粘度の関係

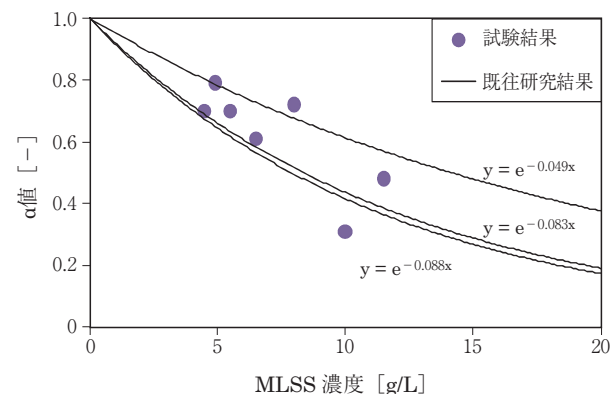


図 3 MLSS 濃度と α 値の関係

まり、MLSS 濃度を 10 000 mg/L から 5 000 mg/L に低減すると、汚泥粘度が 1/4 に、 α 値が約 2 倍になり、1 章で述べた関係式 (1) と整合する。また、既往の研究結果^{2), 3), 4)} とともに、おおむね一致していることが確認できた。

以上のことから、本報で提案する低動力型 MBR では、補助散気量を従来の約半分で運転することが可能であると考えられた。

4. 低動力型 MBR の実証試験

4.1 試験条件

実証試験設定条件を表 2 に示す。なお、曝気量は、本試験対象下水を従来 MBR で処理するのに必要な量を基準に、それぞれ比で表示した。膜面洗浄曝気は従来 MBR と同量のままとし、好気槽内溶存酸素 (DO) 濃度維持のための補助散気のみ曝気量を半減させた。

表 2 に示した設定条件で MBR の運転を行い、好気槽内 DO 濃度、処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度、T-N 濃度、および、BOD 濃度の推移を調査した。

また、汚泥保持のための揺動担体は、MLSS 濃度を 10 000 mg/L から 5 000 mg/L に低減することにより失われた生物処理能力を補う量を設置した。なお、比較対象として、表 2 に示す条件で従来 MBR による運転も実施し、同様の調査を行った。

4.2 試験結果

試験運転結果を表 3 に示す。なお、MLSS 濃度、原水中および処理水中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度、T-N 濃度および BOD 濃度は試験期間中の平均値を示す。

好気槽内 DO 濃度はどちらも 2 mg/L 以上を維持できており、生物処理に十分な DO を維持できていることを確認できた。

また、各々の試験において、原水中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度、T-N 濃度および BOD 濃度は、ほぼ同等であり、一般的な下水よりも窒素濃度が高い値であった。低動

表 2 試験条件

	単位	曝気量削減型	従 来
MLSS 濃度	mg/L	5 000	10 000
揺動担体	-	有	無
処理水量	m ³ /d	37.5	37.5
曝気量 (膜面洗浄曝気)	-	1	1
曝気量 (補助散気)	-	1	2
曝気量 (合計)	-	7	10

表3 試験結果

		単位	曝気量削減型	従来
揺動担体		-	有	無
MLSS 濃度		mg/L	Ave. 5 500	Ave. 10 500
曝 気 量	膜面洗浄曝気	-	1 : 1	
	補助散気	-	1 : 2	
	合計	-	7 : 10	
DO		mg/L	≥ 2	≥ 2
原 水 中	NH ₄ -N 濃度	mg/L	Ave. 54.6	Ave. 49.4
	T-N 濃度	mg/L	Ave. 77.3	Ave. 61.3
	BOD 濃度	mg/L	Ave. 284	Ave. 300
処理水中	NH ₄ -N 濃度	mg/L	Ave. < 1	Ave. < 1
	T-N 濃度	mg/L	Ave. 6.9	Ave. 8.7
	BOD 濃度	mg/L	Ave. < 5	Ave. < 5

力型 MBR の処理水中 NH₄-N 濃度は 1 mg/L 未満, T-N 濃度 6.9 mg/L, BOD 濃度は 5 mg/L 未満と, 従来 MBR による試験での処理水質と同等の処理水質が得られることが確認できた。

以上のことより, 全体の曝気量を約 30 % 削減した低動力型 MBR を実証できた。

む す び

低動力型 MBR の実証試験の結果から, 以下の知見が得られた。

- ・ MBR の好気槽内に揺動担体を設置することにより, MLSS 濃度を従来 MBR の 1/2 の 5 000 mg/L 程度にすることができ, 汚泥粘度を低減して α 値

を高められることを確認した。

- ・ 低動力型 MBR で, 従来 MBR と比較して補助散気量を 50 % 削減して運転を行い, 好気槽内の生物処理に必要な溶存酸素濃度を維持できることを確認した。
- ・ 低動力型 MBR においても, 従来 MBR と同等の良質な処理水が安定して得られることを確認した。

また, MBR は単なる下水処理にとどまらず, RO 膜による下水処理利用の前処理として適用できる。周南市では, 下水再利用と海水淡水化を組合わせた低動力造水システムの実用化を検討しており, さらに低動力化の観点から本研究を実施した。本低動力型 MBR を適用することにより, 再生水の造水コスト低減を図ることができると考えられる。

最後に, 本研究実施にあたり, 周南市には試験場所や原水の提供などご協力いただきました。ここに感謝申し上げます。

[参考文献]

- 1) 石山ら 2005 膜分離活性汚泥法の維持管理コスト縮減に関する検討 第42回下水道研究発表会講演集, p.762-764
- 2) Rosenberger, S. 2003 Charakterisierung von belebtem Schlamm in Membranbelebungsreaktoren zur Abwasserreinigung. Dissertation, TU Berlin, Fortschr.-Ber. VDI Reihe 3 Nr. 769, VDI Verlag, Dusseldorf.
- 3) Krampe, J., and Krauth, K., 2003 Oxygen transfer into activated sludge with high MLSS concentrations. *Water Sci. Technol.*, 47, 297-303
- 4) Gunder, B. 2001 The membrane coupled activated sludge process in municipal wastewater treatment. *Technomic Publishing Company Inc.*, Lancaster.

*商品市場・技術開発センター 水・汚泥技術開発部 水処理室

神戸市東灘処理場 再生可能エネルギー生産・革新的技術 実証研究（B-DASH プロジェクト）

Demonstration Research on Renewable Energy Production and Innovative Technologies at Higashinada Sewage Treatment Plant in Kobe City (B-DASH Project)



川嶋 淳*
Jun Kawashima



宮本博司*
Hiroshi Miyamoto



豊久志朗**
Shiro Toyohisa

B-DASH プロジェクト（Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High technology Project）とは、国土交通省が主導する下水道革新的技術実証事業で、下水汚泥のエネルギー利用の高効率化を図り、温室効果ガス排出量および建設コストを大幅に削減する革新的技術について、実規模レベルのプラントを設置して実証を行うことを目的とした研究である。

本稿では、平成23年度国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究として神戸市と当社の共同研究体で実施した、神戸市東灘処理場に設置した実証設備におけるバイオガス回収およびバイオガス精製に関する革新的技術の実証結果について報告する。

B-DASH Project led by MLIT is the research, using commercial-scale sewage treatment plant, aiming to demonstrate innovative technologies increasing energy recovery efficiency from sewage sludge and reducing greenhouse effect gas emissions and construction cost sharply. This paper presents the results of the demonstration research, which was carried out by the research consortium consisting of Kobe City and Kobelco Eco-Solutions Co., Ltd. as NILIM contract research in FY2011 using the demonstration facility installed at Higashinada Sewage Treatment Plant in Kobe, on the innovative technologies for biogas production and upgrading.

Key Words :

汚 泥 消 化	Sludge digestion
メ タ ン 発 酵	Methane fermentation
バ イ オ マ ス	Biomass
バ イ オ ガ ス	Biogas
精 製	Upgrading

【セールスポイント】

- ・ 下水道に好適な地域バイオマスの受入れ：
グリーン（木質系）、スイーツ（食品系）バイオマスと下水汚泥の共処理消化
- ・ 高機能鋼板製消化槽：建設コスト削減と内部可視化を実現
- ・ 高効率ヒートポンプ：下水処理水からの回収熱による加温によりバイオガス有効利用率アップ
- ・ 新型バイオガス精製システム：
従来型よりコンパクト化・低動力化された新型バイオガス精製システム

まえがき

下水汚泥の嫌気性消化から発生する消化ガスはカーボンニュートラルな燃料であるため、有効利用を促進することにより、化石燃料使用量の削減や地球温暖化防止に寄与できる資源として注目されている。しかし、設備導入に係る費用が高額であること、維持管理に手間がかかること、とくに中小規模の処理場では、有効利用可能な消化ガス量が少ないこと等から、国内下水処理場における汚泥消化・ガス有効利用設備の普及は停滞状況にある。

今回事業では、下水処理場周辺に賦存する地域バイオマスを受入れること、これまで未利用だった下水の保有熱を活用することにより、有効利用可能な消化ガスを増量するとともに、汚泥消化に係る設備の建設コスト・維持管理コストを低減可能な装置の導入効果を検証する。設備導入コスト低減と消化ガス有効利用量の増加により、国内下水処理場での汚泥消化・ガス有効利用設備の普及を促進することを目的とする。

事業の実施場所は汚泥消化ガスの有効利用に関して国内最先端の取組みを進めている神戸市東灘処理場を選定した。国内外への汚泥消化・ガス有効利用設備の普及に向けたショーケース機能を果たすことも重要な目的としている。

1. 革新的技術の概要

1.1 革新的技術の構成

革新的技術の概要¹⁾を図1に示す。システム構成はバイオガス回収技術とバイオガス精製技術に大別され、バイオガス回収技術は、地域バイオマス受入調整設備、高機能鋼板製消化槽、下水熱回収高効率ヒートポンプから構成され、バイオガス精製技術

は、新型バイオガス精製・貯留・圧送システムより構成されている。

1.2 革新的技術の特長

1.2.1 下水道に好適な地域バイオマスの受入れ

[バイオガス回収技術：地域バイオマス受入調整設備]

地域バイオマスの受入れに当たっては、下水道の本来の機能に影響を与えないことが重要な要素であり、「下水道に好適」な地域バイオマスとして確認された食品製造系バイオマスや木質系バイオマスを収集し、下水汚泥と混合して消化を行うことによりバイオガス発生量を増加させるとともに、地域バイオマスとの相乗効果により消化汚泥の脱水性向上を図る。

1.2.2 消化普及促進のための高機能鋼板製消化槽

[バイオガス回収技術：高機能鋼板製消化槽]

消化槽を鋼板製にすることで、建設コストを低減するとともに、各種センサ類を設置しメタン発酵状況を可視化することで、安定運転の継続、維持管理コストの削減を検証し、汚泥消化の普及促進を図る。

1.2.3 下水熱を回収する高効率ヒートポンプ

[バイオガス回収技術：下水熱回収高効率ヒートポンプ]

高効率ヒートポンプにより、下水処理水の熱を回収し、消化槽の加温に活用することで、有効利用可能なバイオガスの増量を図る。

1.2.4 新型バイオガス精製装置とバイオガス標準規格化

[バイオガス精製技術]

システムのパッケージ化や低動力化等を組み合わせることで、建設コスト・維持管理コストを低減する

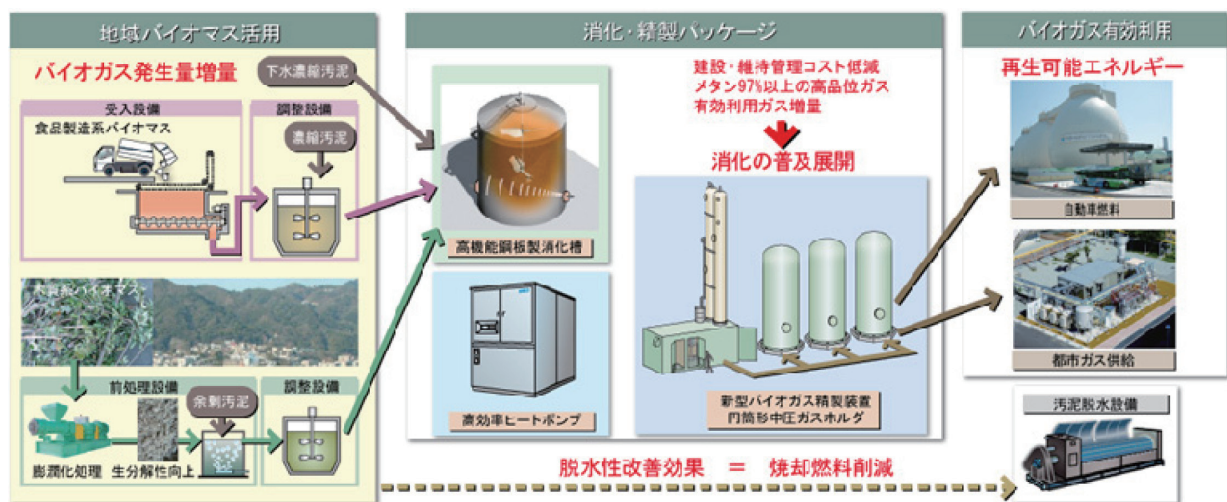


図1 革新的技術の概要

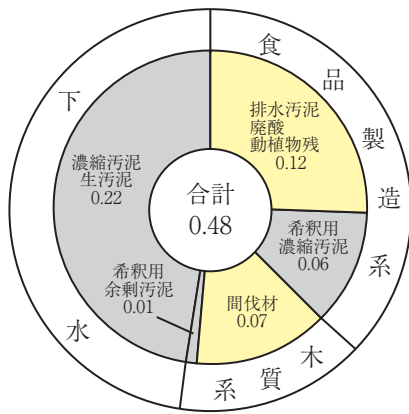


図2 評価対象規模・実証規模における固形物投入量 (t-ds/d)

とともに、天然ガス自動車や都市ガス導管注入等の用途別にシステム構成や品質管理基準の規格化を目指す。

2. 実証試験結果

神戸市東灘処理場に設置した固形物処理量0.7t/d規模の実証設備での試験結果を以下に示す。

2.1 下水道に好適な地域バイオマスの受入れ

地域バイオマスの受入れ量は賦存量を調査した後、「下水道に好適」であるか否かを個別品目ごとに検討した上で決定した。具体的には排出元へのヒアリング・目視による異物等の確認、組成分析、バイアル試験によるガス発生量調査によって候補を絞り込んだ後、最終的に排出元との合意が得られたバイオマスを受入れ対象とした。評価対象規模および実証規模における固形物投入量を図2に示す。

2.2 高機能鋼板製消化槽

2.2.1 地域バイオマスの種類とガス発生量

下水汚泥との混合調整後、地域バイオマスは鋼板製消化槽（容量220 m³）に投入され、滞留日数20日、約38℃で中温消化される。図3に示すとおり定常負荷に到達後のガス発生倍率は20～25倍程度となっており、下水汚泥のみの10～15倍と比較してバイオガス発生量増量効果が確認できた。

2.2.2 消化槽内部の可視化技術

消化槽を鋼板製にすることで建設コストを縮減するとともに、各種センサの活用によってメタン発酵状況を可視化することにより、運転の安定性向上と維持管理コストの縮減を図っている。可視化については、投入基質負荷を管理するための連続式アンモニアセンサの設置、槽内挿入型流速計による内部流

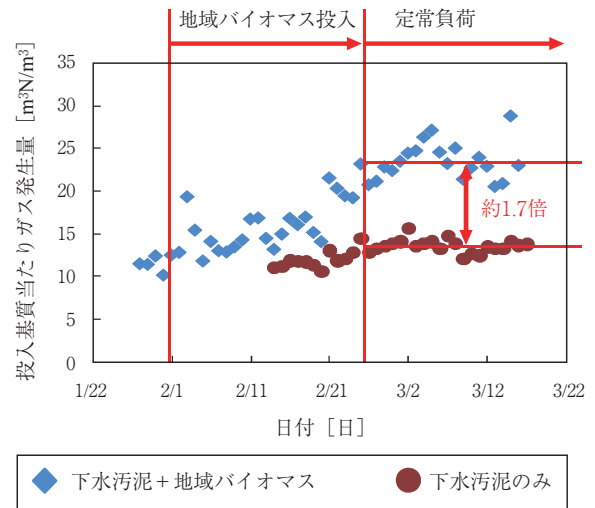


図3 地域バイオマス投入有無によるガス発生量比較

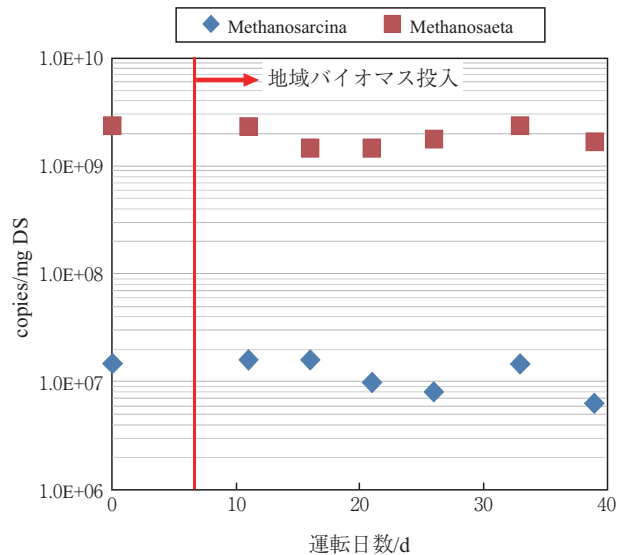


図4 生物診断による地域バイオマス受入れのメタン生成菌への影響

速測定、底部での堆積物高さ測定が可能な機能を付加しているほか、消化汚泥の菌相構成および微生物量を遺伝子のレベルで確認する「生物診断」を行っている。生物診断では、鋼板製消化槽の立上げ段階から定期的に汚泥を採取し、バイオマスの加水分解と酸生成発酵に関与する一般細菌と、メタン生成細菌の菌相・菌数を解析したほか、比較対象として下水のみで運用している既設消化槽の消化汚泥についても同様の解析を実施した。解析の結果、一般細菌、メタン生成細菌とも地域バイオマス投入前後で、菌相・菌数に大差のないことが判明したことから、今回受入れた地域バイオマスは、下水道に好適と確認された。メタン生成菌の菌数推移について図4に示す。

2.3 高効率ヒートポンプ

高機能銅板製消化槽の加温方法として、従来の温水ボイラに代えて、高効率ヒートポンプによって下水処理水から回収した熱を利用した。図5に実証設備のヒートポンプまわりフローと水温設計値を示す。放流水温約20℃の条件で取得した実証運転データを、ヒートポンプの性能を表す指標であるCOP（成績係数：消費電力の何倍の熱量を取出せるか）で整理した結果を図6に示す。ヒートポンプ入口温水温度が設計値の70℃に近い範囲では、2.7～2.8のCOPが得られることが確認できた。この値を用いてエネルギー使用量を算定した結果、場外へのバイオガス供給量が増加することから、従来の温水ボイラ利用の場合と比較して71%の削減が可能となった。

2.4 新型バイオガス精製装置

バイオガスの精製原理は従来技術²⁾と同様に「高圧水吸収法」であり、加圧条件下における水への溶解度の差を利用して効率良くメタンを分離する。表

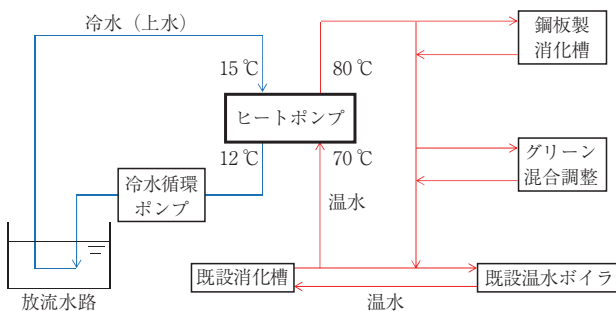


図5 ヒートポンプまわりフローと水温設計値

1に運転圧力0.9 MPa、定格処理能力300 m³_N/hにおける精製前後のバイオガス組成を従来型とあわせて示す。新型精製装置で得られた精製ガスの各成分とも管理基準²⁾を余裕をもって満足しており、天然ガス自動車燃料や都市ガス原料として有効利用可能であることを確認できた。

3. 評価結果

3.1 評価対象の範囲および規模

以上の実証試験結果に基づいて、従来技術に対する革新的技術の建設・維持管理コストの縮減率と温室効果ガス排出量の削減率についての評価を行った。評価対象の範囲および規模は、図7に示すとおりである。

- ・革新的技術 下水汚泥7.0t-ds/d + 地域バイオマス 3.4t-ds/d (場内で混合処理)
- ・従来技術 下水汚泥7.0t-ds/d + 地域バイオマス 3.4t-ds/d (場外で焼却処理)

3.2 革新的技術の効果

建設コスト比較を図8に、維持管理コスト比較を

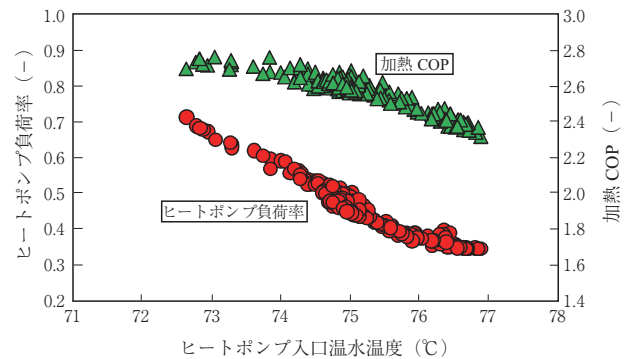


図6 ヒートポンプ入口温水温度とCOPの関係

表1 精製前後のバイオガス組成

対象		新型精製装置		従来型精製装置	管理基準
対象ガス		バイオガス	精製ガス	精製ガス	精製ガス
処理量	m ³ _N /h	300		270	-
CH ₄	vol %	60.5	98.6	98.2	97以上
CO ₂	vol %	39.2	<0.1	0.97	-
O ₂	vol %	0.28	0.28	0.17	4未満
H ₂ S	ppm	540	<0.01	0.06	0.1以下
水分	vol %	1.2	-	-	-
	露点℃	-	<-55	<-55	-51以下
シロキサン	mg/m ³ _N	D3～D6計	D3～D6とも	D3～D6とも	D3～D6計
		42.9	<0.005	<0.005	1以下

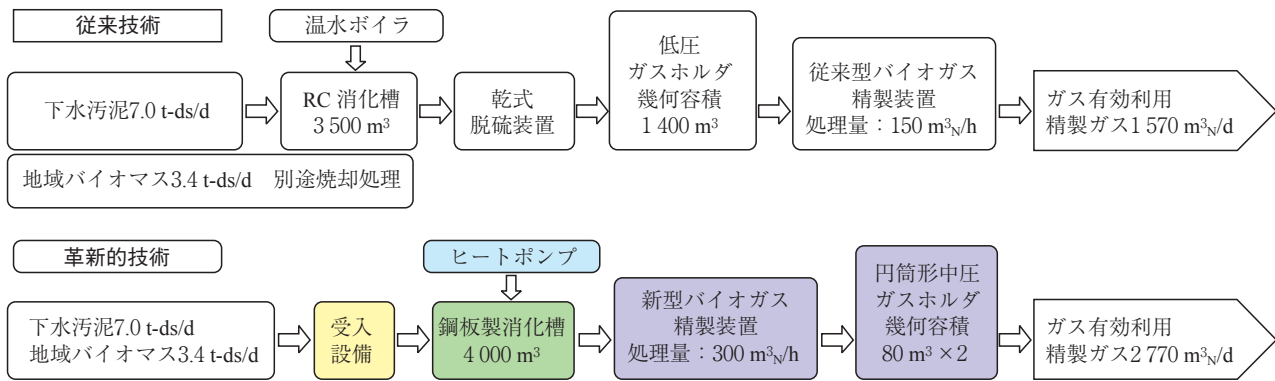


図7 評価対象の革新的技術と従来技術の範囲および規模

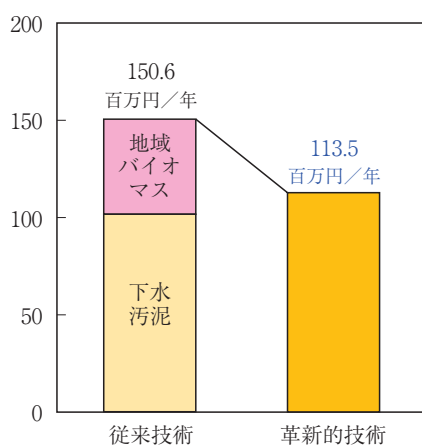


図8 建設コストの縮減効果

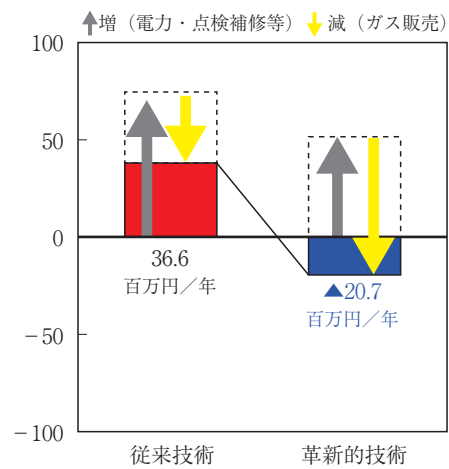


図9 維持管理コストの縮減効果

図9に示す。革新的技術では従来技術に比べ、建設コストで25%（年価ベース）、維持管理コストで156%の縮減効果が認められ、撤去コストを含むライフサイクルコストでは50%の縮減が可能である。また、温室効果ガス排出量はライフサイクルCO₂で、従来技術では94 t-CO₂/年の排出であるのに対し、革新的技術では856 t-CO₂/年の吸収となり、大幅な排出削減が可能である。

むすび

下水道に好適な地域バイオマスの受入れ、高機能鋼板製消化槽、下水熱を回収する高効率ヒートポンプおよび新型バイオガス精製装置からなる革新的技術を、実証試験結果に基づいて下水汚泥7.0 t-ds/d + 地域バイオマス3.4 t-ds/d規模で評価した結果、従来技術に対して以下の効果が認められた。

- ・建設コストは25%、維持管理コストは156%の縮

減がそれぞれ可能であり、撤去を含むライフサイクルコストでは50%の縮減が可能である。

- ・ライフサイクルCO₂排出量は856 t/年の吸収であり、従来技術に比べて大幅な排出削減が可能である。

なお、本成果は神鋼環境ソリューション・神戸市共同研究体が受託した、平成23年度国土技術政策総合研究所委託研究「神戸市東灘処理場再生可能エネルギー生産・革新的技術実証研究」によるものである。

[参考文献]

- 1) 瀧村・坂部・堀江、「こうべバイオガス」のさらなる活用－KOBEグリーン・スイツプロジェクトの始動－第49回下水道研究発表会講演集 p157～p159, (2012)
- 2) 神戸市・独立行政法人土木研究所・株式会社神鋼環境ソリューション「消化ガスのバイオ天然ガス化」共同研究報告書, 平成18年12月

*商品市場・技術開発センター 水・汚泥技術開発部 汚泥処理室 **商品市場・技術開発センター 水・汚泥技術開発部

バイオガス都市ガス導管注入実証（その2） （2011年度の実証報告）

Demonstration of Injecting Biogas into City Gas Pipeline (Second Report) (Demonstration Test Report in Fiscal 2011)



村越浩二*
Koji Murakoshi



宮本博司*
Hiroshi Miyamoto



中村暢大**
Nobuhiro Nakamura

下水処理場で発生する消化ガスを地産地消型エネルギー源として利活用するために、都市ガスと同等の水準に精製する都市ガス導管注入実証設備を、神戸市東灘処理場に設置し、2010年9月より運転を開始した。本設備は当社が運営管理しており、約2年を経た現在も安定的に運転を継続しており、2011年度の導管注入ガス量も計画量を上回る約80万 m³（15℃、0.981 kPaを基準とした換算値）に達した。国内初の都市ガス導管へのバイオガス直接注入の順調な運転実績について以下に報告する。

Toward the utilization of biogas from the sewage plant as locally produced energy, we have installed and run the demonstration plant that refines biogas up to the city gas quality and injects the refined gas into city gas pipeline at Higashinada Sewage Treatment Plant in Kobe. The operation has been quite stable and good in performance since the start-up in September 2010. Consequently, the utilized biogas volume as city gas in fiscal 2011 was approximately 800 000 m³ (corresponding volume at 15℃, 0.981 kPa) that exceeded our planning. Here we report the results of satisfactory operation of this nation's first project.

Key Words :

バイオガス	Biogas
都市ガス導管	City gas pipeline
実証設備	Demonstration plant
微量成分	Minor component
熱量調整	Calorie adjustment
付臭	Odorization

【セールスポイント】

下水処理場から発生した消化ガスを都市ガス利用可能な品質に高度精製する国内初の試みである実証設備は順調な運転を継続しており、2011年度の導管注入ガス量は約2 000戸の家庭のガス使用量に相当する。

まえがき

近年、地球温暖化防止の観点から、化石燃料使用量の削減と二酸化炭素排出量削減が課題となっており、木質や下水汚泥等のバイオマスの有効利用が解決の一手段として注目されている。このような状況の元、当社と神戸市は東灘処理場の処理工程から発生する消化ガスを「高圧水吸収法」により精製し、消化ガスに約60%含まれるメタンを97%以上に濃縮し、付臭の後、圧縮天然ガス自動車（以下、CNG車と記す）の燃料として供給する事業を2008年度より実施している。

精製ガスの利活用のさらなる拡大に向け、神戸市、大阪ガス株式会社（以下、大阪ガスと記す）と当社は、都市ガスと同等の水準にまで精製し、都市ガス導管に供給する実証設備を神戸市東灘処理場に設置し、2010年9月より実証試験を開始した。実証設備は、一般社団法人都市ガス振興センターから交付を受けた補助金（平成21年度バイオマス等未活用エネルギー実証試験費補助金）を活用して建設したもので、安定した運転を継続している。

本報では実証設備の中核である「微量成分除去設備」、「熱量調整装置」および「付臭装置」の運転状況について前報¹⁾に続き報告する。

1. 利活用設備、実証設備の概要

神戸市東灘処理場の消化ガス利活用設備概要を図1に示す。消化タンクで発生したメタン約60 vol%、二酸化炭素約40 vol%を含む消化ガスは「バイオ天然ガス化設備」で、メタン濃度97 vol%以上のガス（以下、一次精製ガスと記す）となり、中圧ガスホ

ルダに貯留、付臭の後、CNG車燃料、消化タンク加温用ボイラ燃料、空調機等に利用される。

残りの一次精製ガスは導管注入設備に供給される。一次精製ガスは次の4つの処理設備を経て、都市ガス導管注入可能な品質を得る。

一次精製ガスは酸素除去反応に必要な水素を添加した後、触媒を使用した酸素除去設備に導入される。次に吸着方式の二酸化炭素除去設備で二酸化炭素を除去、後に液化石油ガス（以下LPG）を添加して熱量調整し、最後に都市ガス用の付臭剤を添加する。使用している付臭剤は大阪ガス標準の付臭剤（ジメチルサルファイド（DMS）およびターシャリーブチルメルカプタン（TBM）の2成分混合剤）である。

以上の設備により高度精製したガスは最終段階で各種分析機器により連続監視し、導管注入ガス（以下、製品ガスと記す）としての品質を確認の後、中圧ガス導管に注入される。

表1に導管注入設備で満足すべき製品ガスの主な基準値²⁾（抜粋）を示す。

項目	基準値	備考
酸素	0.01 vol%以下	—
二酸化炭素	0.5 vol%以下	—
総発熱量	44.2~46.0 MJ/m ³ _N	24時間の最高・最低差が1 MJ/m ³ _N 以下であること
付臭濃度	12~16 mg/m ³ _N	大阪ガスと同一の付臭剤を使用

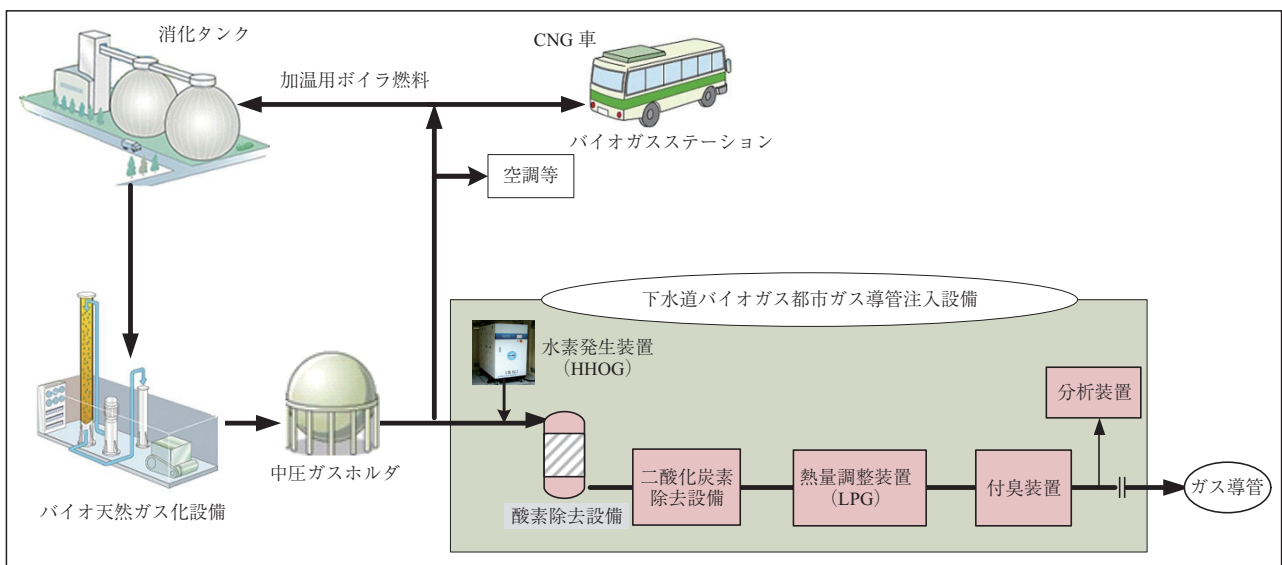


図1 神戸市東灘処理場消化ガス利活用設備の概要

なお、本実証設備の処理能力は消化ガス発生量の変動を考慮し、最大4 400 m³_N/dである。

2. 運転結果

2.1 一次精製ガスの利用用途

東灘処理場における2011年度の月別の消化ガス発生量と一次精製ガスの用途別利用量を図2に示す。

1月当たりの消化ガス発生量は30万から40数万 m³_Nと季節による増減が見られ、夏季は低く、冬季には高い傾向があった。

利用用途面では、CNG車利用量は年間ほぼ一定である。消化タンク加温用ボイラ燃料の使用量は夏季に減量されるが、空調等での消費量は夏季に高くなっている。これら3か所で使用した残りが導管注入設備へ供給されるので注入設備の一次精製ガス受入量は、夏季には消化ガス発生量が減少したため、低下傾向となる。

なお、実際導管に注入した製品ガス量は、後述のように熱量調整にLPGを添加するため、受入れた一次精製ガス量を10%程度上回る量となる。

2011年度の製品ガス量実績は約80万 m³であり、11年度計画量を上回るガスを注入した。

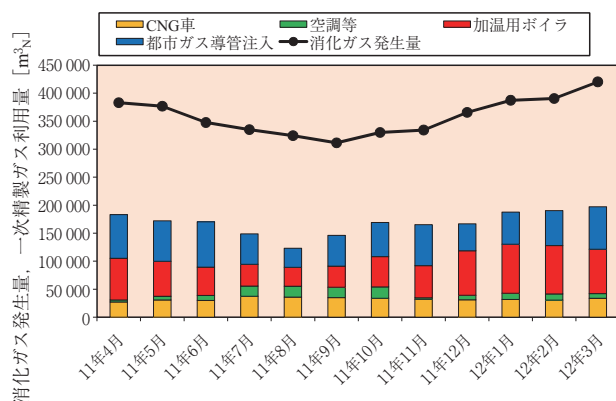


図2 消化ガス発生量と一次精製ガスの用途別利用量 (2011年度)

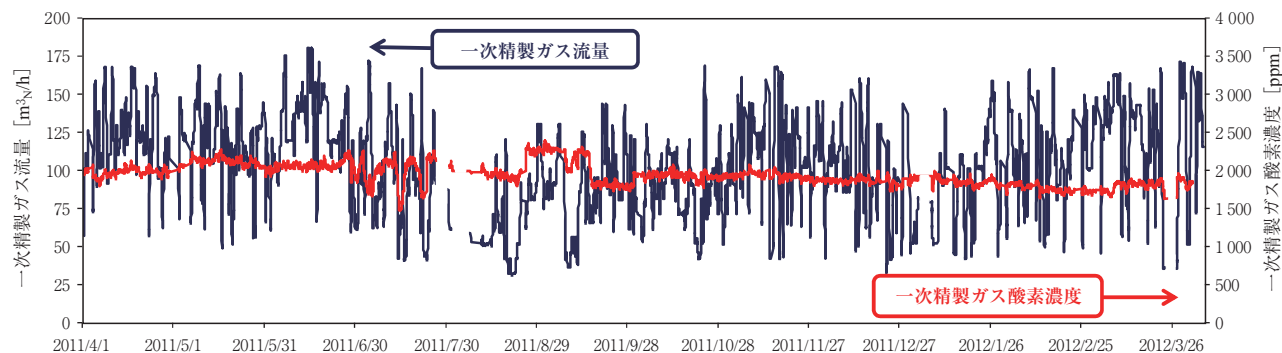


図3 触媒酸素除去装置への受入一次精製ガスの推移

2.2 微量成分除去設備

(酸素および二酸化炭素除去)

酸素除去設備は、製品ガス中の残酸素濃度を表1の基準値(0.01 vol%以下=100 ppm以下)を満足する方法として触媒燃焼法を採用している。本法は一次精製ガスに水素を添加し、触媒上で酸素との燃焼反応により水を生成し、酸素を除くものであり、使用している触媒は常温で前記の反応を進行させる。このため処理ガスの加温等の前処理の必要がなく、簡素な設備で対応できる。

酸素除去設備で生成した水は後段で除去される。

添加する水素は、当社の水電解式高純度水素発生装置から供給している。

酸素除去設備が受入れた一次精製ガス量とガス中の酸素濃度の年間推移を図3に示す。なお、酸素濃度は燃焼反応で消費した水素量から算出した値である。

受入れた一次精製ガス量は、ガスの各利用先の量的変動の影響で30~180 m³_N/hの範囲で変動しており、酸素除去、二酸化炭素除去、熱量調整および付臭設備はこの変動に追従して表1に示す基準値を満たすよう制御される必要がある。

酸素濃度の年間変動は1 800~2 300 ppmの範囲に収まっており、前段のバイオ天然ガス化設備が安定運転を継続していたことを反映していると考えられる。

図4に酸素除去設備の年間の運転履歴を示す。年間を通して製品ガスの残酸素濃度は20 ppm以下の低濃度に維持できた。

また、触媒は2010年9月の運転開始以後交換は行わず継続使用しており、当初、触媒寿命の目標としていた1年間を上回る9 000時間を越えて酸素除去性能を維持していた。

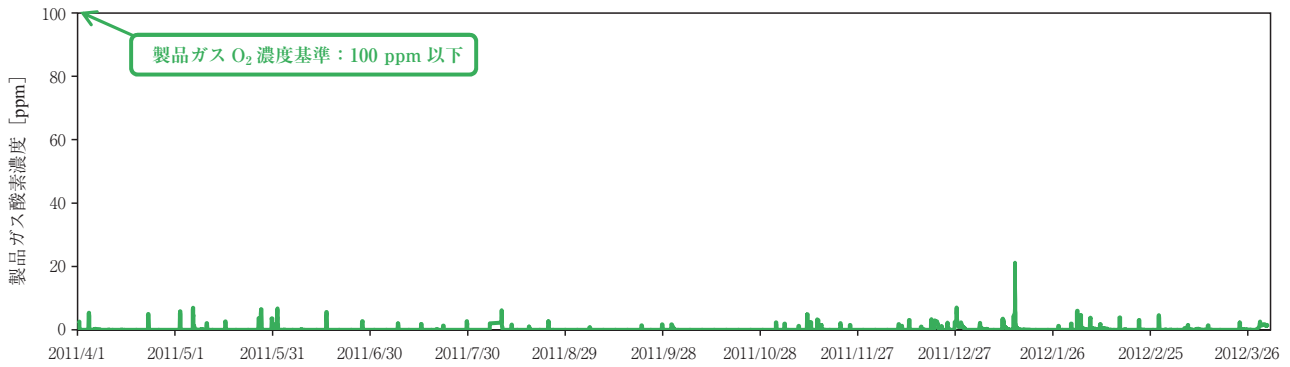


図4 酸素除去設備の運転履歴 (2011年度)

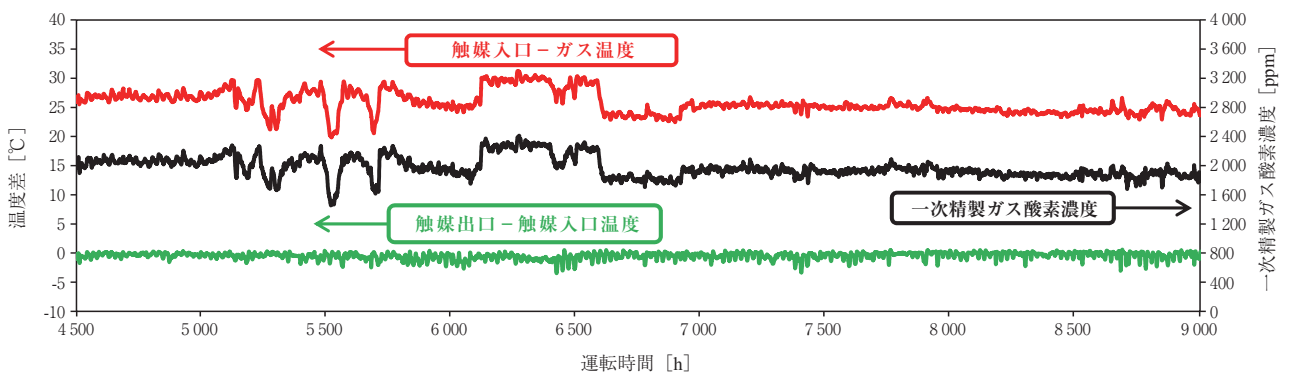


図5 酸素除去用触媒塔内温度と入口酸素濃度

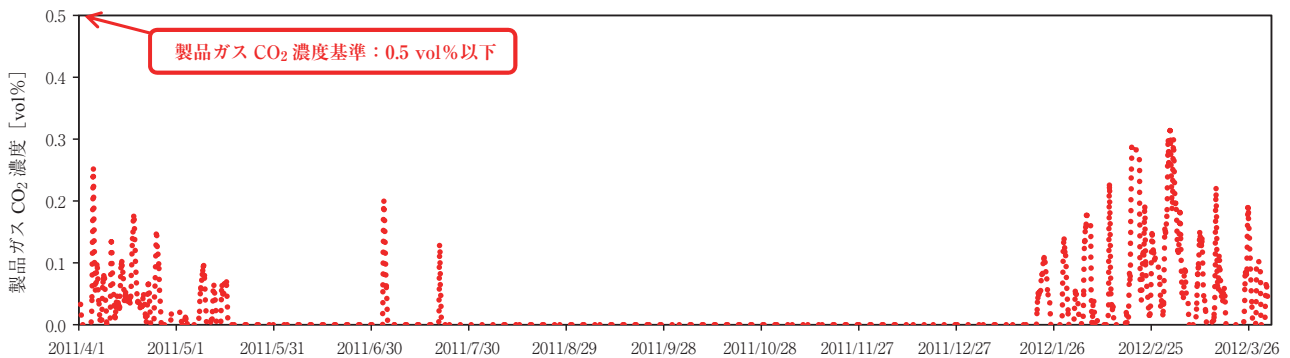


図6 二酸化炭素除去設備の運転履歴 (2011年度)

酸素除去設備では触媒の活性劣化傾向を予測する手段として、一次精製ガスの温度と触媒充填部の入口／出口部の温度を計測しており、図5にデータを示す。図5は横軸に運転時間(4500～9000時間)を、縦軸に(触媒入口)-(ガス温度)と(触媒出口)-(触媒入口温度)を示す。図5には図3に示した一次精製ガス中酸素濃度のデータも運転時間を横軸として同じく示している。

ガス中酸素濃度と(触媒入口)-(ガス温度)の変動の傾向はほぼ一致している。一方、(触媒出口)-(触媒入口温度)はほぼゼロである。

これは、発熱反応である水素と酸素の燃焼が触媒入口付近でほぼ完了し、この熱量で加温されたガス

が触媒内で温度を維持しつつ通過した結果を表すものと考えられる。入口付近の触媒の活性が劣化するに従い、反応の起こる部分が出口側に移動するので触媒活性劣化が判断でき、触媒交換時期の予測に利用できる情報である。

図5より、運転時間9000時間まで入口付近の触媒は活性を維持していたことがわかる。

図6に二酸化炭素除去設備の年間運転履歴を示す。

設備の処理ガス量は図3に示したように30～180 m³_N/hの範囲で大きな変動があるが、処理後の製品ガス中の二酸化炭素濃度は大阪ガスの基準(0.5 vol%以下)を満足した運転が継続できている。

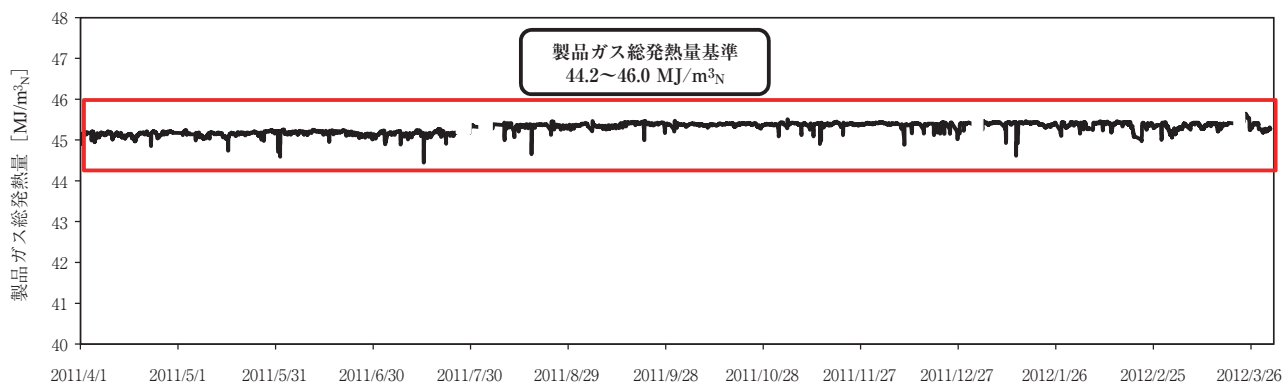


図7 熱量調整装置の運転履歴 (2011年度)



図8 付臭装置の運転履歴 (2011年度)

2.3 熱量調整装置

メタンを97%以上含む一次精製ガスの総発熱量は約39 MJ/m³_Nであり、本装置はプロパンガスを主成分とするLPG（総発熱量約100 MJ/m³_N）を一次精製ガスに添加し、基準値（44.2～46.0 MJ/m³_N）を満足する品質を維持するものである。

図7に製品ガスの総発熱量の年間運転履歴を基準値の上下限值と合わせて示す。

年間を通じて総発熱量は基準値内に収まっており、製品ガス品質を維持できている。

2.4 付臭装置

付臭は、都市ガスを利用する際の安全性確保の観点から、ガスの漏洩事故を未然に防止するもっとも簡便な手段として使用されている。本装置は大阪ガス採用の付臭剤（DMS, TBM）を微量添加し、都市ガス品質を確保するものである。

図8に製品ガスの付臭濃度年間運転履歴を基準値の上下限值と合わせて示す。

付臭濃度は基準値（12～16 mg/m³_N）の範囲内で

の変動が見られるが、調整できていることが分かる。

むすび

神戸市東灘処理場におけるバイオガス都市ガス導管注入設備は、順調な運転を継続しており、2010年9月の運転開始から約2年を経過した。

処理ガス量の変動に対して「微量成分除去」、「熱量調整」および「付臭」の各設備は需要先の受入基準を定常的に満足する良好な制御性を維持した結果、2011年度の年間導管注入量は計画値を上回る約80万 m³（15℃、0.981 kPaを基準とした換算値）に達した。2012年度以降、導管注入量はさらに増加を図る予定である。

最後に、本研究にご協力いただきました一般社団法人都市ガス振興センター様、神戸市様、大阪ガス(株)様の関係各位に深く感謝いたします。

[参考文献]

- 1) 中村他：神鋼環境ソリューション技報 Vol.8 No.1 (2011), P.9～13
- 2) 大阪ガス(株)：バイオガス購入要領, 2010, P.9

*商品市場・技術開発センター 水・汚泥技術開発部 汚泥処理室 **コストエンジニアリングセンター 原価統括部

新型 DCS の中規模プラントへの適用

Application of New Style DCS for Medium Scale Plant



下梨 孝*

Takashi Shimonashi
技術士（電気電子部門）



藤本康博*

Yasuhiro Fujimoto
技術士（電気電子部門）



林田敏卓**

Toshitaka Hayashida
技術士（電気電子部門）



真野文宏*

Fumihiro Mano
技術士（電気電子部門）

プラントの計装制御システムにおいては計装メーカーの提供する従来型 DCS に代わって計装制御用 CPU をシーケンス制御用システムに組込んだ新型 DCS が数多く採用されるようになってきた。

新型 DCS は主に計装ループ数が100以下の小規模プラントに採用されてきたが、これを計装ループ数が300～600の中規模プラントに適用するにはいくつかの課題があった。

これらの課題を解決するために、最適なシステムの構築を行うとともに、不足する標準画面やデータベース機能を開発した。その結果、従来型 DCS と同等の機能を持つコストパフォーマンスの高いシステムとなった。

In the field of process control system for plant, a new style DCS, with which a CPU dedicated for instrument control is built into sequence control system, has often replaced conventional style DCS provided by instrument company. A new style DCS has been adopted for small scale plant with less than 100 instrument loops. There were several problems in order for us to adopt it for medium scale plant with 300 – 600 instrument loops. To solve these problems, we have found the most optimum system configuration and developed standard graphic screens and database functions which had been insufficient. As the result, our new style DCS has got the same capability as a conventional style DCS does.

Key Words :

DCS

SCADA

計 装 ル ー プ

中 規 模 プ ラ ン ト

DCS

SCADA

Instrument loop

Medium scale plant

【セールスポイント】

新型 DCS を機能強化してコストパフォーマンスの高い計装制御システムを中規模プラントに適用できるようになった。

まえがき

当社の納入するごみ焼却プラントや汚泥焼却プラント等のうち、計装ループ数が600以下の中規模プラントにおいては、その信頼性、制御性、操作性の良さから計装メーカーの計装制御システムを採用してきた。

近年、技術の進歩とともにプラントの計装制御システムの形態も多種多様になってきている。とくにシーケンス制御が得意なシステムに計装制御用 CPU を組込んで、シーケンス制御と計装制御を同一の入出力装置を介して実行する形態が急速に普及してきた。

また、監視に用いるモニタ用システムは計装メーカー専用のシステムだけでなく、計装メーカー以外のソフト開発会社が開発したパッケージソフトを採用する形態も増加している。

当社においてもこの潮流に注目し、計装制御システムのコストパフォーマンスを高めるために、これらの形態を中規模プラントに適用する可能性を検討した。

その結果、制御性能は十分であることを確認することができた。しかしながら、同時に採用に向けていくつかの課題が浮かび上がった。そしてそれらの課題を一つずつ解決し、従来のシステムと同等の機能を持った新システムとして採用する目的をつけた。本稿ではその具体的な検討過程について報告する。

1. 計装制御システムの現状

1.1 DCSの誕生

プラントの計装制御（温度・圧力・流量制御）には1970年頃からパネル計装制御（監視盤に単ループ調節計を並べたもの）に代わり、計装メーカーが開発したDCS（Distributed Control System）が採用されるようになった。DCSとはモニタによる監視と機能ごとにCPU（演算部）を分割した制御装置とから構成される分散型制御システムのことである。¹⁾

1.2 シーケンス制御システム

一方、時を同じくして工作機械やユニット機器のシーケンス制御用に電気メーカーによって開発されたシーケンス制御システムがプラントの機械制御に採用されるようになった。このシステムは、その市場性から販売台数がDCSに比べて圧倒的に多く、デジタル入出力モジュール等のI/OモジュールのコストがDCSのそれより安い。

1.3 新型DCS

このシーケンス制御システムは主にデジタル信号（ON-OFF信号）を取扱うために開発されたが、小規模システムにおいてアナログ信号（4-20 mA 直流信号）を取扱えるようになり、さらにPID演算機能も具備されるように発展してきた。

2000年代に入ると電気メーカーは計装制御を専用で処理できる計装CPUを開発し、シーケンス制御システムと同じプラット

フォームに組み込み、I/Oモジュールをシーケンス制御と共用できるようにした。

その後この計装CPUは制御機能の充実や2重化CPUの開発等冗長性、信頼性の確保を行い、小規模プラントの計装制御システムとして積極的に拡販されるようになった。本稿ではこの計装制御システムを新型DCSと呼び、計装メーカーのDCSを従来型DCSと呼ぶ。

2. 当社のプラントメニューと新型DCS

2.1 当社のプラントメニューの規模

当社では計装ループ数の少ないりサイクル施設や水処理設備から、計装ループ数が600以上の大規模プラントまで幅広いメニューがある。

中でも計装ループ数の多いものは燃焼制御、ボイラ・タービン制御等が含まれるごみ焼却プラント、汚泥焼却プラントである。

2.2 新型DCSの検討

当社ではこれらのうち、計装ループ数が300~600までの中規模プラントでは、計装制御システムに計装メーカーの従来型DCSを採用してきた。しかしながら、計装制御システムのコストパフォーマンスを高めるために新型DCSの採用を積極的に検討することにした。

3. 新型DCSの特長

新型DCSは先に述べたように計装CPUをシーケンス制御システムのプラットフォームに組込んだものであるが、監視操作用のモニタを含めたシステムは図1に示すように構成される。

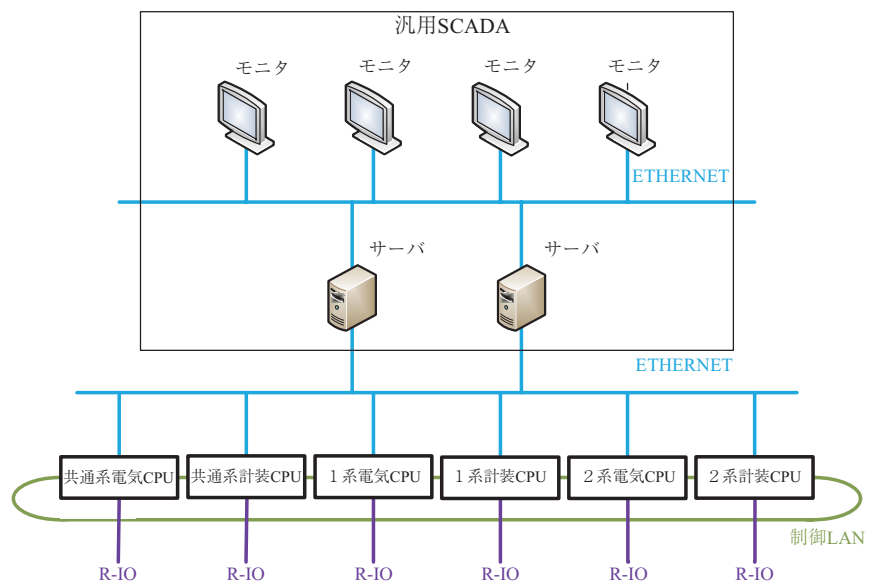


図1 新型DCSシステム構成図

図2に示すように従来型 DCS はモニタと CPU 間
が専用の制御 LAN で接続されているが、新型 DCS
は汎用のイーサネットケーブルで接続され、通信プ
ロトコルは汎用の TCP/IP または UDP/IP を採用し
ている。監視操作用の画面パッケージソフトウェア
は、従来型 DCS では計装メーカ専用の SCADA
(Supervisory Control And Data Acquisition) ソフト
ウェア (画面作成用ツール、以下 SCADA と呼ぶ)
であるのに対し、新型 DCS では汎用 SCADA を使用
する。汎用 SCADA とは計装 CPU のメーカとは
異なるソフト開発会社により開発されたもので
CPU の機種は問わないものである。

表1に従来型 DCS と新型 DCS の主な比較を纏め
た。¹⁾

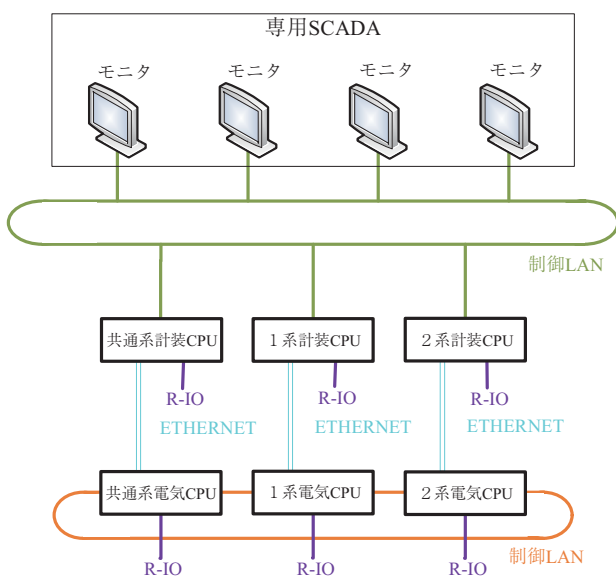


図2 従来型 DCS システム構成図

4. 新型 DCS 採用への課題

新型 DCS を当社の中規模プラント案件に適用す
る上で、検討しなければならない課題について以下
に述べる。

4.1 計装制御機能

当社の主力メニューである発電付ごみ焼却プラ
ントに適用する上で、以下の計装制御機能を具備し
ているか確認する必要がある。

- ・炉の燃焼制御にとって重要な空気比演算が実現可
能か？
- ・重要な制御ループであるボイラドラムレベル制御
等が問題なく実現できるかどうか？たとえば1要
素制御⇔3要素制御がバンプレスに切替えられる
か？
- ・制御ループの特徴に応じて制御モードを I-PD (比
例微分先行型 PID 制御), PI-D (微分先行型 PID
制御), PID (基本型 PID 制御), いずれかを選択
できるか？

4.2 通信性能

監視モニタのトレンド画面において計装ループの
データすべてを1秒おきに更新させるためには、
SCADA が計装 CPU から、PV (現在値), SV (設
定値) を含めたすべてのパラメータを1秒以内に取
得する必要がある。1ループ当たりのパラメータは
全部で100ワード以上あるため、CPU 当たりのル
ープ数が多いと1秒以内でデータ収集できない可能
性がある。

4.3 操作性

当社のプラントではプロセス1系列当たり2台の
モニタで運転される。この場合、計装ループのパ
ラメータ調整は、メインのグラフィック画面の上に小

表1 従来型 DCS と新型 DCS の比較

項 目	従来型 DCS	新型 DCS	
誕 生	1970年～	2000年～	
システム構成	モ ニ タ	～8台程度	
	C P U	～32台程度	
	ループ数	ループ数大 (～500/CPU)	ループ数小 (～200/CPU)
演 算 速 度	0.2～1秒	0.1～1秒	
ネ ッ ト ワ ー ク	10Mbps	～1Gbps	
監 視 操 作	パッケージ 計装メーカ専用 SCADA	汎用 SCADA	
コ ス ト	導 入	高 価	安 価
	保 守	高 価	安 価

ウィンドウでチューニング画面、トレンド画面を表示させる必要がある。ところが市販の SCADA を使用すると、計装 CPU の持つ制御モジュールとリンクしたパラメータ調整用のチューニング画面がほとんど無い。またトレンド画面もフルスクリーンであることが一般的である。

4.4 履歴管理機能

プラントシャットダウン等のトラブルが発生した際、原因究明のため、イベント履歴（機器の運転、停止履歴）、アラーム履歴、操作履歴（設定値の変更、機器の運転停止操作等の履歴）等を検索、抽出する機能が必要である。汎用 SCADA にはイベント履歴とアラーム履歴は標準であるが、操作履歴は無いのが一般的である。

また、汎用 SCADA にはトレンド画面の表示機能はあるが、過去の任意の時間を指定して表示する機能がない場合が多い。これもプロセス上のトラブル究明の際に有効な機能である。

4.5 その他の機能

コントローラの故障等で CPU を入替えたときは、以前と同じパラメータで運転再開したい。そのため、ソフトウェアのバックアップを取るとともに、最新のチューニングパラメータを保存しておく必要がある。

またプロセス改善の検討を行うために、過去の1分間隔、1秒間隔のデータを一定の期間ごとに CSV ファイルの形式で保存する機能が必要である。

汎用 SCADA にはこれらの機能がない。

5. 課題の解決策

5.1 計装制御機能

炉の燃焼制御にとって重要な空気比演算機能（図3）や温圧密度補正をするための折線関数等の計装制御機能について、新型 DCS の制御機能開発言語を使ってプログラムを開発することで実現できた。その他4.1で述べた計装制御機能のさまざまな要求事項についても同様にプログラムを開発することで満足させることができた。（図4）

5.2 通信性能

従来型 DCS では画面更新周期および制御周期は1秒であり、すべての計装ループのデータが1秒毎に更新される。これはトレンドデータを1秒ごとに更新するとともに運転操作の応答性を確保する上で不可欠な要求事項である。

新型 DCS の場合、SCADA ソフトと計装 CPU 間の通信プロトコルは TCP/IP または UDP/IP であり、SCADA ソフト側から計装 CPU に読出し要求を送

信することでデータを収集する。計装 CPU 側の制約から SCADA ソフトから1回の読出し命令で受信可能なデータ量に限界があり、1回の読出し速度（80 msec 程度）を考慮すると、仮に200ループのデータを読出す場合、1秒以内に全データを読出すにはサーバと計装 CPU 間に複数のポートを設ける必要があることがわかった。

無計画に CPU 1台当たりのソフトウェアを増やしていくと1秒以内に通信できなくなる可能性がある

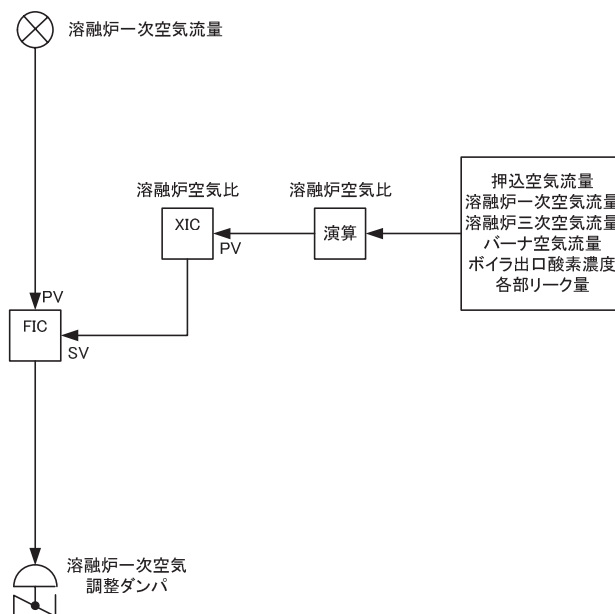


図3 溶融炉空気比制御

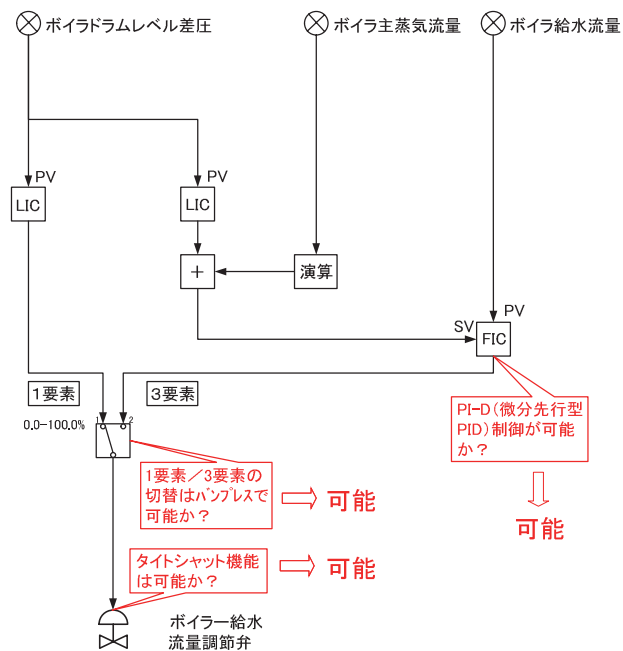


図4 ボイラドラムレベル制御

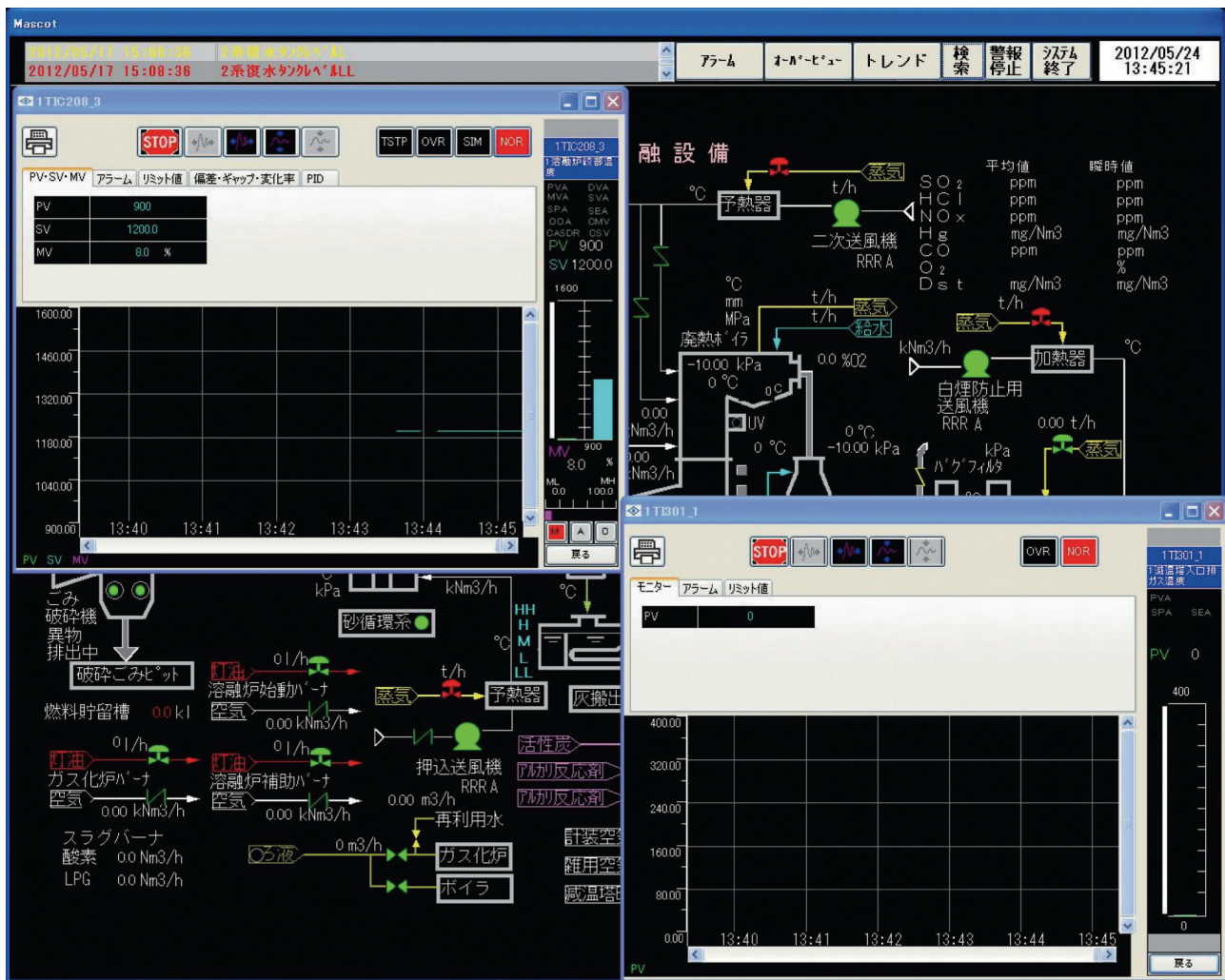


図5 チューニング画面

る。そこで当社では計装 CPU 1 台当たりの計装ループ数、ラダープログラムのステップ数、アナログ/デジタルデータレジスタの数を幾つかのパターンに分けて通信テストを行い、確実に1秒以内で全データを収集できるように最適なシステム構築を行った。³⁾

5.3 操作性の改善

汎用 SCADA ソフトウェアを使うと4.2に述べたようにユーザの望むような操作性を確保することができない。この問題を解決するために、特別にプログラムを作成し、以下の新たな標準画面を開発した。

- ・PID, PV (現在値) 表示, プログラム設定器, 折線関数, 手動操作器等のチューニング画面を小ウィンドウで複数表示 (図5参照)
 - ・トレンド画面を小ウィンドウで表示
- この結果, グラフィック画面を監視しながら, 特

定の複数ループを調整することが可能となった。

5.4 データベース管理機能の強化

4.4で述べた汎用 SCADA には無い操作履歴機能とトレンド画面の任意期間表示機能および4.5で述べた機能等, いわゆるデータベース管理機能を新たに開発した。

これにより, トラブル発生時の原因究明やプロセス改善のための情報が簡単に得られるようになった。

むすび

シーケンス制御と計装制御が同一のプラットフォームに載った新型 DCS は近年, 急速に普及しており製鉄プラントや化学プラントの DCS リプレース機種としてすでに多く採用されている。当社においてもその性能を見極め, 従来型 DCS と同等の性能を確保できるようにカスタマイズして当社の中規模プラント案件に適用する目途をつけた。

注意すべきことは、これまで制御装置、モニタ、ネットワーク全体を計装メーカーが保証する形態からそれぞれがオープン化され、複数のメーカーの製品を使って一つのシステムに纏め上げる必要が生じていることである。安易に安いからという理由で飛びつくと構成部品相互の能力がアンバランスとなり十分に性能を発揮できないシステムとなったり、トラブル発生時にどこに原因があるのかを究明するのに時間がかかったりすることになる。²⁾

これを防ぐためには相当レベルの高いシステムイ

ンテグレーション（SI）能力が必要であることが分かった。今後は当社の SI 能力の強化を図りながら、ますます普及していくと想定される新型 DCS の適用範囲を広げていきたい。

[参考文献]

- 1) 米村ら：計装「PLC 計装へのリプレース～その選択と進め方」, Vol.53, No.2, P.1-5
- 2) 米村ら：計装「進化する PLC 計装～現状に見る課題と今後への期待」, Vol.54, No.7, P.14-19
- 3) 米村ら：計装「新たな適用領域に展開していく最新の PLC 計装システム」, Vol.55, No.5, P.15-19

*土建・計電装技術センター 計電装技術部 **品質安全環境部

“自然環境・地域社会と共生する安全・安心な創エネ施設の実現”

－芳賀地区広域行政事務組合 広域ごみ処理施設整備・運営事業－

栃木県芳賀地区（栃木県真岡市，益子町，茂木町，市貝町，芳賀町）広域行政事務組合より2011年6月に受注しました本事業は広域圏で排出される一般廃棄物を対象としたごみ処理施設を整備し，20年におよぶ運営・維持管理を行うものです。今回採用された「流動床式ガス化溶融炉」は，安全・安定性，経済性に優れることに加え，豊かな自然を育む芳賀地区への環境負荷低減（低排ガス排出濃度と低CO₂排出量）と高い資源循環性（マテリアル・サーマルリサイクル）を実現する処理方式です。とくに，本施設は，流動床式ガス化溶融炉の特長を活かし，カロリーの低い汚泥を効率的に溶融処理するシステムとしています。

事業の概要

- 事業者：【設計建設】神鋼・戸田JV特定建設工事共同企業体（当社を代表企業とした乙型JV）
【運営維持管理】株式会社 芳賀環境サービス（当社，神鋼環境メンテナンス株式会社2社共同出資による特別目的会社）
- 事業方式：DBO方式（Design：設計 Build：建設 Operate：運営）
- 事業期間：【設計建設期間】2011年6月から2014年3月までの3年間
【運営維持管理期間】2014年4月から2034年3月までの20年間

施設の概要

- 熱回収施設 可燃ごみ処理能力：143 t/d（71.5 t/24 h × 2系列）
- リサイクル施設 処理能力：不燃・粗大ごみ14 t/5 h，資源ごみ缶類 3 t/5 h，ビン類 2 t/5 h



芳賀地区広域行政事務組合広域ごみ処理施設の完成予想図

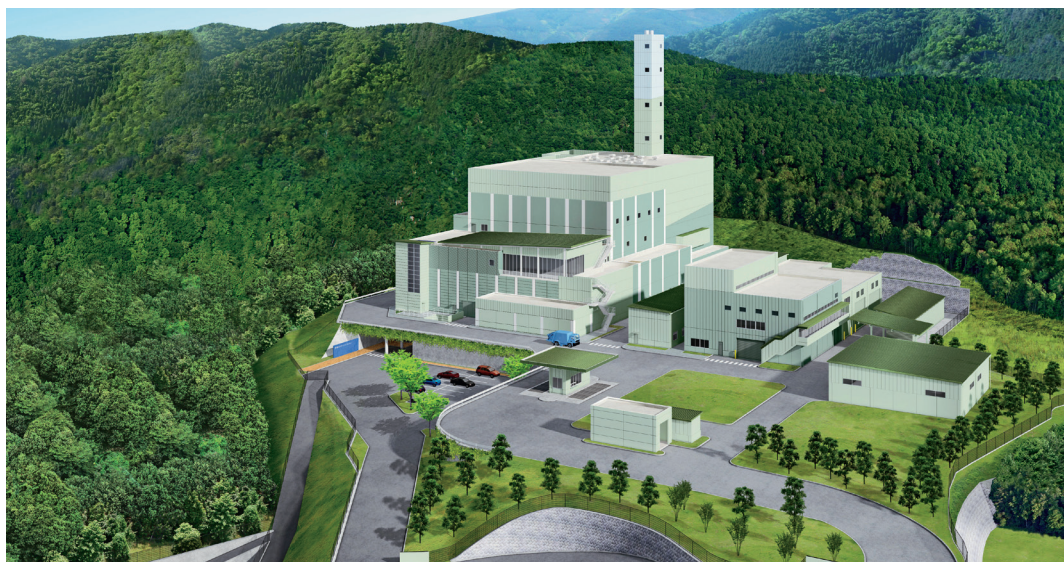
“自然環境豊かな地域に最新鋭のごみ処理施設を”

—西秋川衛生組合ごみ処理施設整備・運営事業—

西秋川衛生組合は東京都あきる野市、日の出町、檜原村、奥多摩町で構成され、澄みきった空気と清流、美しい山々や溪谷、四季折々に移ろいゆく豊かな自然に恵まれた地域にあります。本事業は、この組合広域圏で排出される一般廃棄物を対象としたごみ処理施設を整備し、20年におよぶ運営・維持管理までを一貫して行うものです。

今回採用された当社の「流動床式ガス化溶融炉」は、国内トップの運転実績により高い安全・安定性が評価されており、ごみの保有するエネルギーを用いて溶融処理まで行うことで経済性にも優れています。さらに本施設では、圏内の重要課題となっていた最終処分場再生を目的とした掘起しごみの処理や、同クラスでは最高水準の発電効率を達成するための設備を付加しています。

現在は2013年度に開始となる熱回収施設試運転に向けて急ピッチで設計、工事が進捗中です。



完成予想図

事業の概要

- 事業者：【設計建設】神鋼・安藤・高橋上田設計建設共同企業体（当社を代表企業とする乙型JV）
【運営維持管理】株式会社たかお環境サービス（当社グループ他出資の特別目的会社）
- 事業方式：DBO方式（Design：設計 Build：建設 Operate：運営）
- 事業期間：【設計建設】2011年4月から2016年3月までの5年間（熱回収施設竣工は2014年3月）
【運営維持管理期間】2014年4月から2034年3月までの20年間

施設の概要

- 熱回収施設
 - ・可燃ごみ処理能力：117 t/d（58.5 t/24 h × 2 系列）
 - ・不燃粗大ごみ処理能力：27 t/5 h
 - リサイクルセンター
 - ・処理・保管能力：28.3 t/d
 - ・処理対象物
- <選別, 圧縮, 圧縮梱包> 缶類, びん類, ペットボトル
 <保管> 新聞紙, 段ボール, 布類, 白色トレイ, 雑誌等, 紙パック, 有害ごみ

北九州 PCB 廃棄物処理施設（第2期その2）竣工

－プラズマ溶融分解処理設備－

1. 設備概要

北九州 PCB 廃棄物処理施設は、国の計画に基づいて日本環境安全事業(株)が国内で最初に高濃度 PCB 廃棄物の処理を開始した施設で、2004年12月北九州市若松区に建設され、福岡県、大分県、佐賀県、長崎県、熊本県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県、山口県、島根県、鳥取県、広島県、岡山県、愛媛県、香川県、高知県、徳島県の17県内のトランス、コンデンサ、PCB 油類、PCB 汚染物等を対象とし、安全に PCB の無害化処理を行っている。

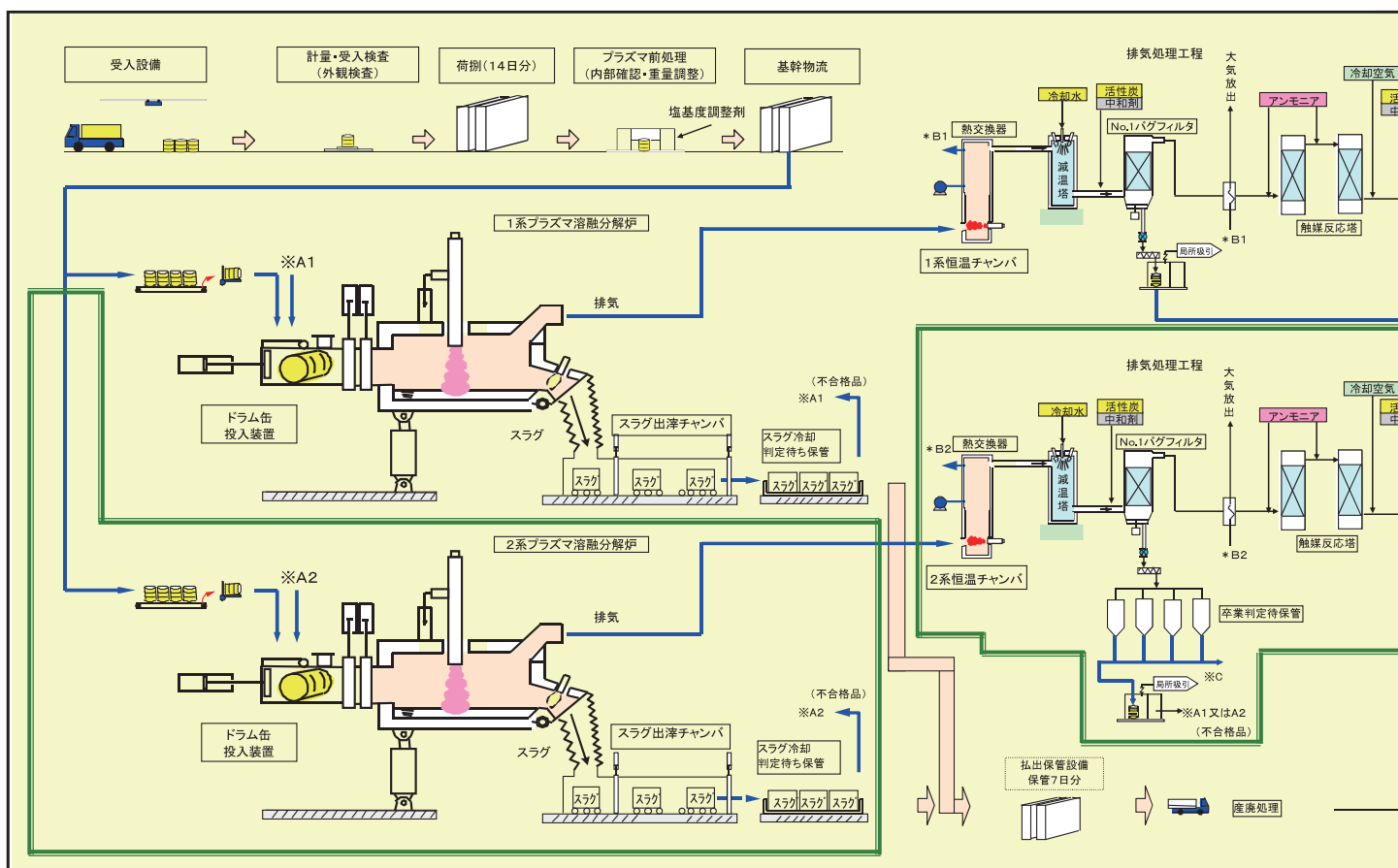
プラズマ溶融分解処理設備は、この施設内の設備の一つとして、当社が2009年7月に1号機を納入したもので、PCB 汚染物等（安定器、小型電気機器、感圧複写紙、ウエス、汚泥等）従来の技術では処理が困難とされていたものを、高温のプラズマガスに

より溶融、分解、無害化処理しているものである。

今回紹介する設備は、プラズマ溶融分解設備の2号機として増設されたもので、日本環境安全事業(株)より2009年5月に当社が受注し、2010年4月には工事着工、2011年12月試運転を完了し、同月、無事引渡しを完了した。その後、2012年1月には商用運転を開始し、順調に安全操業を継続している。

本設備の特長としては、以下のような項目が挙げられる。

- ①多種多様な PCB 汚染物等を、特別な前処理なしにドラム缶またはペール缶に封入し、容器ごと一括溶融処理する。
- ②15 000 ℃以上の高温プラズマと、1 200 ℃以上の溶融浴の相乗効果により、PCB 汚染物等を溶融、分解、無害化する。



PCB 汚染物等処理設備フロー

③排気は、恒温チャンバにて1 200℃で2秒以上の滞留時間を確保することにより、排気中に含まれるPCBを確実に分解する。

2. 処理設備

2.1 処理能力および対象物

処理能力は対象物により処理速度が異なるが公称能力は5 t/d (PCB汚染された破碎コンクリート殻)である。プラズマ発生源としては、出力1 300 kWのプラズマトーチを1炉あたり1本使用している。

処理対象物は安定器、小型電気機器、感圧複写紙、ウエス、汚泥等のPCB汚染物等に加えて、分析残渣、分析計ドレン、防護服、廃活性炭、絶縁油等の運転廃棄物、ブッシング、廃プラスチックコンテナ等多岐にわたるものが予定されている。

2.2 処理の流れ

まず、受入れ時にPCB汚染物等の外観検査を行い、その後、処理対象物の種類ごとに定められた所定の重量ずつ容器(ドラム缶、ペール缶)への詰替えを行う。これは、多岐にわたるPCB汚染物を安定的に処理するために、処理対象物を均一にする操作で、プラズマ溶融処理した際に分解速度が一定でないため排気ガスが大幅に変動することを抑制するものである。

詰替えの容器については、対象処理物の種類ごとに20 Lと27 Lのペール缶、100 L、200 L、350 Lのドラム缶を用いる。処理対象物ごとに最適な容量の容器を用いることで、缶に由来するスラグの発生量を抑えている。

続いて、本設備のプラズマ溶融分解工程では、各処理物が容器ごとプラズマ溶融分解炉に投入され、高温のプラズマアーク(15 000℃以上)と溶融スラグ浴(1 200℃以上)の相



乗効果により効率よく溶融分解される。溶融分解されたPCB汚染物中の有機物は、最終的に二酸化炭素、水蒸気、塩化水素に分解され、排気処理工程に送られる。一方、無機質はスラグとして排出される。

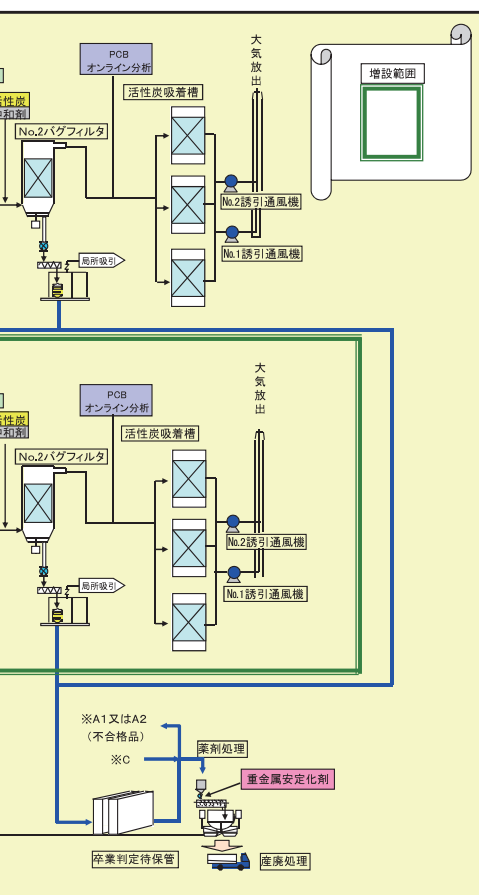
排気処理工程では、恒温チャンバで1 200℃、2秒以上滞留させPCBを確実に分解する。また、その後熱交換器で熱回収を行ったあと、減温塔、バグフィルタ、触媒反応塔によって、ダイオキシン類、塩化水素、いおう酸化物、窒素酸化物を分解、または、除去する。また、これら排ガス処理設備の後段には、万が一のためのセーフティネットとして活性炭吸着塔が設置されている。

排気中のPCB濃度等は、PCBオンラインモニタリング装置、塩化水素、窒素酸化物オンライン分析装置により連続監視されている。

なお、処理工程で発生する溶融スラグや固形物は、PCB濃度が所定の基準値以下であることを確認する「卒業判定」を行ったあと、合格したものだけを施設外へ搬出する。

むすび

当社は、日本環境安全事業(株)豊田事業所、北海道事業所、北九州事業所にPCB処理設備を納入している。その中でも北九州事業所は、PCB処理としては世界で初めてプラズマ溶融分解設備を納入した施設であり、1号機で経験した不具合の対策を2号機へ反映し、無事竣工することができたことは大きな喜びである。今後とも、1、2号機での長期安定操業に努めるとともに、現在建設中の北海道事業所のプラズマ溶融分解処理施設には得られた知見の全てを反映し、PCB廃棄物の安全、安心で、かつ、早期の処理完了に向け貢献して行きたい。



薄膜蒸発機

「6-1型 (0.1 m²) ワイブレンテスト装置」

ワイブレンは1964年に製造販売を開始し、樹脂等の石油化学工業用をはじめとして、繊維、油脂、塗料、医薬、農薬、香料、食品などのさまざまな分野に約2,000台の納入実績を有しています。現在も優れた蒸発能力、短い滞留時間、高真空操作が可能、経済的でコンパクトなサイズなどの特長から、絶えず新しいプロセスへの適用が検討されており、当社播磨製作所内テストセンターで実際の処理液を用いてテストを行っています。

このたび、テストセンターに少量サンプル対応、さらなる高真空操作対応等のユーザーの声を反映した「6-1型ワイブレンテスト装置」を増設しました。以下に、その特長を紹介します。

1. 少量サンプルでテスト可能。

最小型式である6-1型 (0.1 m²) を採用し50~100 Ltのサンプルでテスト可能となり、試作段階また高価な少量製品のテストが対応可能となりました。

2. 真空度 約 1 Pa (0.008 Torr) の高真空操作が可能。

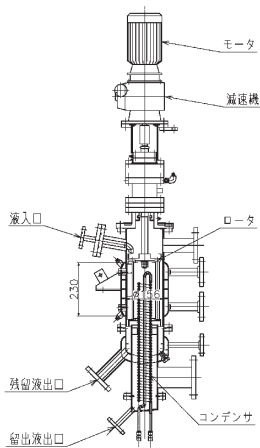
配管等のリーク量を低減し、さらに機器配置を工夫し、より高真空操作を可能としました。

3. 運転状態の詳細な把握が可能。

供給量・濃縮量・留出量を常時測定可能とし蒸発率を常に把握できるシステムとしました。また、各部真空度、温度をより正確に測定可能とし、蒸発操作の状況を詳細に把握することが可能となりました。

本テスト装置と従来のガラス製2-03型 (0.03 m²)、ステンレス製12-4型 (0.4 m²) テスト装置を活用し、高度化するユーザーニーズに対応し、ワイブレンの適用分野を広げていきます。

6-1型ワイブレンテスト装置仕様	
伝熱面積	0.1 m ²
コンデンサ伝熱面積	0.2 m ²
接液部材質	SUS 316
操作圧力	約1 Pa (abs.) ~大気圧
操作温度	Max. 300 °C
供給流量	10~40 Lt/h
必要サンプル量	50~100Lt



6-1型内部コンデンサ型ワイブレン



グラスライニング反応機用フラッシュバルブ専用脱着装置 「弁軽くん[®]」

グラスライニング反応機の底ノズルには多くの場合、液排出用フラッシュバルブが設置されます。近年このフラッシュバルブは製品のファイン化、高付加価値化に伴い、製品切替え時に取外し、分解洗浄を行うケースが増えています。

当社ではこのような作業の増加に対し、作業性を向上するため、軽量・コンパクトなフラッシュバルブとして「クリーンフラッシュバルブ」を開発してきました。しかし、この「クリーンフラッシュバルブ」でも、作業性の悪い反応機の下での取付け・取外し作業については、高所にある重量物の取扱、さらに破損しやすいGL製品であるため、安全で、楽に、安心して作業する方法についてご要望がありました。

このようなご要望に対し、作業性を改善し、安全で確実にフラッシュバルブを脱着できる専用昇降装置「弁軽くん」を開発しました。

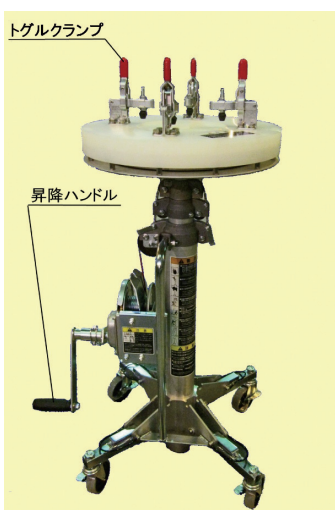
「弁軽くん」の主な特長は以下のとおりです。

- ① ハンドル操作のみでスムーズな昇降が可能。
- ② 昇降ストロークが長いので多様な反応機設置状況に適用可能。
- ③ トグルクランプを採用しフラッシュバルブを固定板にワンタッチ固定可能。
- ④ 固定板は前後左右の微調整機構を備えており位置合わせが容易。
- ⑤ 軽量・コンパクトで持ち運びが容易。

GL機器では納入後のメンテナンスは機器を安全にお使い頂く上でとくに重要です。今後ともお客様のニーズを取入れ、使いやすい製品を開発していきます。

グラスライニング反応機用フラッシュバルブ専用脱着装置「弁軽くん」主要仕様

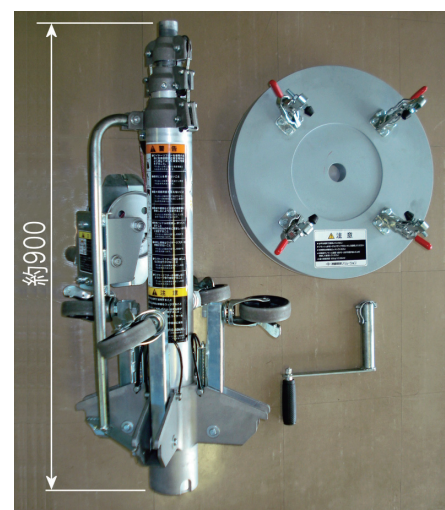
適用フラッシュバルブ形式	サイズ	タイプ
		50/40 A, 80/50 A, 100/80 A
適用可能高さ	手動バルブ：1.5～2.5 m 自動バルブ：1.9～2.5 m	
昇降装置質量	約18 kg	



弁軽くん



作業状態



運搬時状態

安定性を高めた，第2世代型 高負荷流動床式嫌気性処理装置 PANBIC-EC システム

1984年に国内で初めて産業排水向けに嫌気性排水処理システムの納入を行った当社は、固定床式のPANBIC-F システムから流動床式 PANBIC-G を経て、高負荷型流動床 PANBIC-H システムと着実にその性能を高め、「省エネルギー性」とメタンガスの回収による「創エネルギー性」を実証してきました。

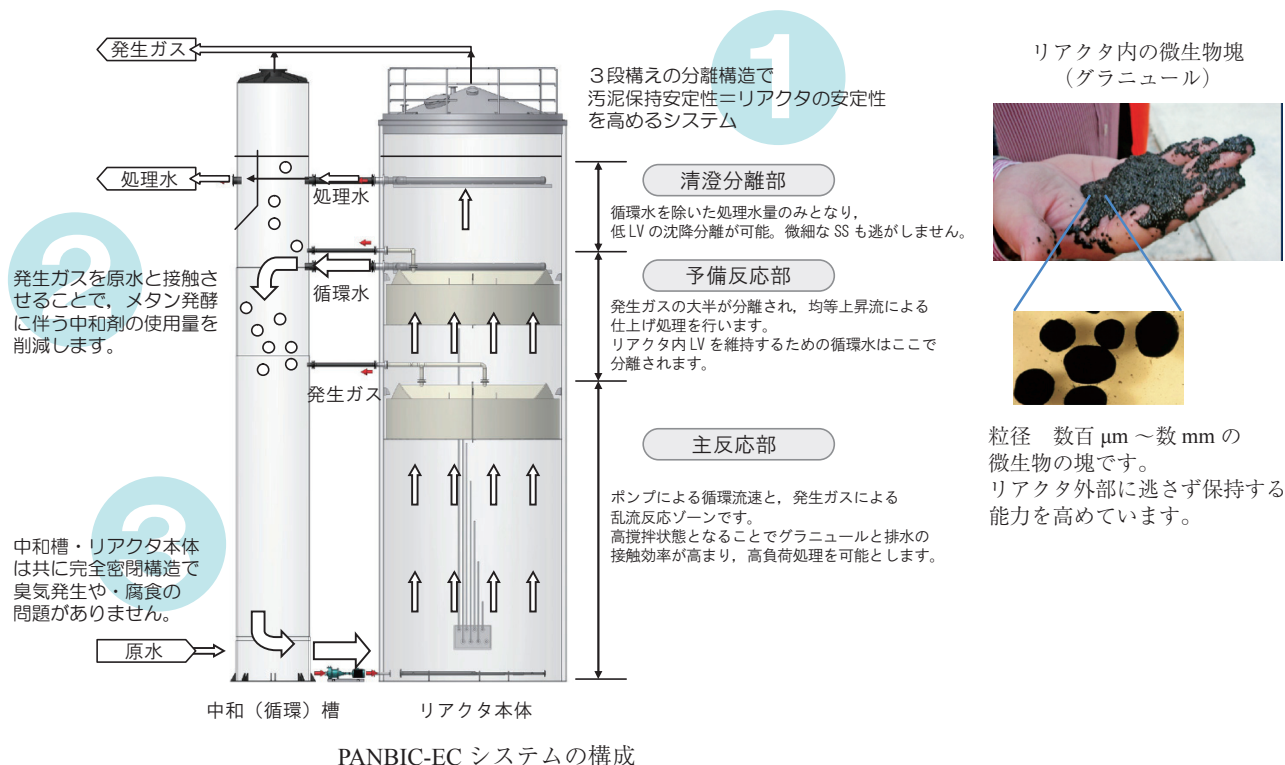
現在、嫌気性処理による排水からのエネルギー回収を行うことは、もはや当たり前のこととなりました。しかしながら、リアクタの安定性は、リアクタ内部にグラニューールと呼ばれる微生物の塊を逃がさずに保持できるかに依存します。高負荷流動床システムが適用できる分野は、排水の性状が安定している食品・飲料工場や、生分解性に富む特定の化学工場や紙・パルプ工場などに限られてきました。

当社では微生物の保持能力を大幅に高め処理安定性を確保した、第2世代型高負荷流動床嫌気性処理システム「PANBIC-EC システム」をラインナップに加えました。

これまで高負荷流動床型の適用が難しかったユーザー様を含め、嫌気性処理の適用範囲を大幅に広げ、販売活動を展開していきます。



リアクタ外観



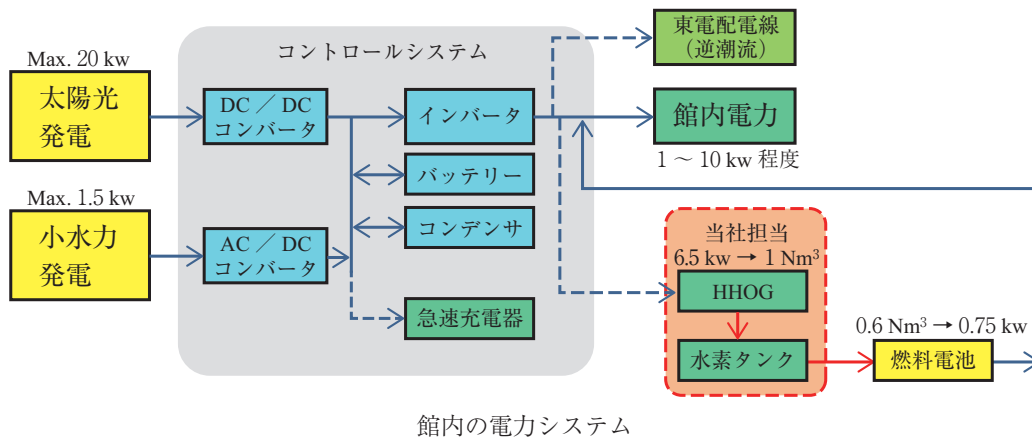
※当該技術は、オランダ Hydro Thane STP BV 社との技術提携により実現するものです。

山梨県米倉山太陽光発電所 PR 施設 「ゆめソーラー館やまなし」に水素発生装置（HHOG）納入

山梨県では地球温暖化対策を推進するため、全国有数の日射量を有する地域特性を生かし、太陽光発電などの再生可能エネルギーの導入や普及に取り組んでいます。

当社は、その中核をなす米倉山太陽光発電所の PR 施設「ゆめソーラー館やまなし」に、太陽光パネル等から供給される変動電源に対応して運転可能な水電解式水素発生装置（HHOG）を納入し、実証試験を開始しました。

「ゆめソーラー館やまなし」では、エネルギーの自給自足による「CO₂ゼロ運営」を行うため、太陽光発電、小水力発電などの自然エネルギーを利用しています。しかし自然エネルギーは不安定であり、館内電力を確保する手段として、バッテリー蓄電のほか、余剰電力を利用し HHOG で水素を発生させ貯蔵し、必要ときに燃料電池で発電し電力を補うシステムとなっています。



今後、再生可能エネルギーで HHOG を効率的に運用するための実証データの取得・解析を進め、本分野での HHOG 普及を進めていきます。



「ゆめソーラー館やまなし」展示室



HHOG

「第8回 国際水素・燃料電池展 (FC EXPO)」

2012年2月29日から3月2日まで、東京ビッグサイトにて開催された「第8回 国際水素・燃料電池展」に当社から高純度水素酸素発生装置「HHOG」を出展しました。本展示会は、燃料電池ならびにその周辺技術を含む国際総合展示会として、国内最大規模を誇っています。また同時開催の太陽電池展や二次電池展などの関連技術の展示会とともに、スマートエネルギー Week 2012として、東京ビッグサイト全館を使用して開催されました。

出展企業ならびに来場者も日本国内にとどまらず、韓国、中国、欧米と様々な国から参加しています。また、燃料電池に関連する商品やサービスの展示のみでなく、ポスターセッションによる大学・官庁での関連研究成果の発表や、出展企業の技術セミナーも行われるなど、技術交流の場としても活用されています。

当社はコンパクト型 HHOG「水素サーバー」を実機展示するとともに、山梨県米倉山（こめくらやま）太陽光発電所 PR 施設「ゆめソーラー館やまなし」にて2012年1月より実証運転を開始した HHOG をパネルにて紹介しました。この「ゆめソーラー館やまなし」では HHOG を利用し、自然エネルギー（太陽光、小型水力）で発電した電力（変動電力）を水素として貯蔵し活用するシステムの実証試験を行っています。

会期の3日間、開場とともに多くの方に来場頂き、展示機・パネルを前に導入に関する問い合わせや資料請求を多数受け、HHOG のニーズを確認できた展示会でした。



HHOG 実機展示



HHOG 紹介パネル前にて応対



HHOG

本 社 / 〒651-0072 神戸市中央区脇浜町1丁目4-78 ☎ (078)232-8018 FAX(078)232-8051
技術研究所 / 〒651-2241 神戸市西区室谷1丁目1-4 ☎ (078)992-6500 FAX(078)997-0550
東京支社 / 〒141-8688 東京都品川区北品川5丁目9-12(ONビル) ☎ (03)5739-5800 FAX(03)5739-5821
大阪支社 / 〒541-8536 大阪市中央区備後町4丁目1-3(御堂筋三井ビル) ☎ (06)6206-6751 FAX(06)6206-6760
九州支社 / 〒812-0012 福岡市博多区博多駅中央街1-1(新幹線博多ビル) ☎ (092)474-6565 FAX(092)441-4440
北海道支店 / 〒060-0004 札幌市中央区北四条西5丁目1-3(日本生命北門館ビル) ☎ (011)241-4647 FAX(011)241-5759
東北支店 / 〒980-0811 仙台市青葉区一番町1丁目2-25(仙台NSビル) ☎ (022)716-6651 FAX(022)263-2049
名古屋支店 / 〒451-0045 名古屋市西区名駅2丁目27-8(結露ライセントラルタワー) ☎ (052)581-9876 FAX(052)563-2313
中国支店 / 〒730-0013 広島市中区八丁堀16-11(日本生命広島第二ビル) ☎ (082)511-3210 FAX(082)211-2451
播磨製作所 / 〒675-0155 兵庫県加古郡播磨町新島19 ☎ (079)436-2500 FAX(079)436-2506
ツェッセルドルフ事務所 / Berliner Allee 55, 40212 Düsseldorf Germany ☎ +49-211-7792-0430 FAX+49-211-7792-0450

KOBELCO ECO-SOLUTIONS VIETNAM CO., LTD. /
9th Floor, Minh Long Tower, 17 Ba Huyen Thanh Quan Street, District 3, Ho Chi Minh City, Vietnam
☎+84-8-3933-0646 FAX+84-8-3933-0622

神鋼環境ソリューション技報 2012年度 Vol.9 No.1 通巻17号

《本社》株式会社神鋼環境ソリューション 〒651-0072 神戸市中央区脇浜町1丁目4-78

《編集発行》〒651-2241 神戸市西区室谷1丁目1-4 株式会社神鋼環境ソリューション 商品市場・技術開発センター（神鋼環境ソリューション技報編集委員会事務局）
☎ (078) 992-6527 FAX (078) 992-6504 <http://www.kobelco-eco.co.jp>

《編集委員》編集委員長/浄弘明彦 副編集委員長/坂田和昭 委員/小倉賢藏・桑田康男・豊久志朗・田頭成能・松本雅彦・斉藤正男・水口弘幸・古田覚士・菊池雅彦・大朝 功
《発行》2012年7月15日印刷 2012年8月1日発行 年2回発行《禁無断転載》《発行人》横山英樹《印刷所》中村印刷株式会社



◆ 神鋼環境ソリューション

この用紙は、パルプを漂白するときに塩素ガスを使わない
「無塩素漂白 (ECF)」という方法で作られています。