

技報

Vol.19
(通巻37号) **No.1**

ENGINEERING REPORTS
KOBELCO ECO-SOLUTIONS CO.,LTD.



Keep the Earth Sky-blue
神鋼環境ソリューション

目次	CONTENTS
1 <巻頭言> スマート攪拌技術を目指して	
2 攪拌槽型反応機におけるCFD/PIVによる経験則の数値化 ～投入位置の混合への影響～	Quantification of Experimental Rule by CFD and PIV for a Mixing Vessel Reactor -Effects on mixing in the feeding position-
8 高効率バッチリアクターシステムPI QFlux [®] の伝熱・省エネ性能検証	Heat Transfer and Energy-saving Performance Verification Results of High Performance "PI QFlux [®] " Batch Reactor System
12 HybridGL [®] 新製品HYX-H95 [®]	New HybridGL [®] HYX-H95 [®]
17 HybridGL [®] ～テクノロジーブランド構築に向けて～	-Branding Our HybridGL [®] Technology-
23 ごみの過供給検知技術を用いた燃焼空気量制御技術の高度化	Advanced Developments in Municipal Waste Combustion by Air Control Using Waste Oversupply Detection
26 高砂市「エコクリーンピアはりま」の竣工 ～回転ストーカ式ごみ焼却炉における低空気比運転～	Introduction to Eco cleanpeer Harima in Takasago City -The Rotary Combustor under low air-ratio combustion in municipal waste treatment-
31 双曲面形攪拌機 PABIO Mix I 型（高効率）の建設技術審査証明取得	High Efficiency Type I PABIO Mix Hyperboloid Mixer Obtains Construction Technology Review and Certification
38 TOPICS	
40 施設・技術紹介	

スマート攪拌技術を目指して



神戸大学 理事・副学長（教育・グローバル担当）
大学院工学研究科 応用化学専攻

教授 大村直人

以前バイオ関連の研究会で研究の話をしたとき、司会者から「先生のような泥臭い攪拌の研究もバイオの分野では必要ですね。」というようなことを言われた。どうも世間では“混ぜる”ことは簡単であり、“混ぜる”研究は泥臭い（スマートではない？）と思われているようである。確かに、熱力学の第2法則（エントロピー増大の法則）から見ても自然現象は均一に向かう方向にあるので、“分ける”というエントロピーが減少に向かう操作より、“混ぜる”というエントロピーが増大に向かう操作の方が簡単に見えるし、放っておいても混ざるような現象をわざわざ研究している輩は泥臭い人間のように見えても仕方のないことかもしれない。しかし、ご承知のように工業的に物質を混ぜるのはそう簡単ではない。粘度の極めて高い流体、脆弱な物質、気体・固体などが混ざった混相流体など容易に混ざり合わないものを混ぜなければならないのである。さらに、攪拌操作に求めている機能も単に物質を均一にするだけではなく、伝熱や物質移動の促進、反応制御など様々であり、たまに求めている機能同士がトレードオフの関係であったりする。時には混ぜ方ひとつで物の価値が全く変わってしまうため、見かけとは裏腹に、なかなか攪拌というのは手強い操作である。

そんな攪拌の研究を学生にさせるとき、まず手習的にさせるのは攪拌所要動力を測定して動力線図を描かせることである。これは、攪拌装置の性能評価にとって所要動力が極めて重要な指標であることを意味する。しかし、所要動力そのものは混合性能の指標ではなく、流動性能の指標である。近年のカオス混合理論は、流れ場にほんの僅かな摂動を与えることで、混合が劇的に進むことを明らかにした。著者の名前は忘れてしまったが、とある論文で混合そのものに使われているエネルギーは、攪拌所要動力のほんの数%であるとも書かれている。つまり、流体を効率的に動かし、ほんの数%でしかない混合エネルギーを有効に使うための新しい流れ場のデザインが必要であり、そのための学問・技術が必要なのである。

これまで攪拌に対して化学工学が用いてきたのは、流体の支配方程式である Navier-Stokes の式に基づいた理論を用いたアプローチ、理論とデータを組み合わせたモデルを用いたアプローチであった。最近ではデータサイエンスの発展により、データを用いたアプローチがこれに加わった。データを用いたアプローチでは情報という視点が極めて重要であり、データから得られた情報を、理論を用いたアプローチやモデルを用いたアプローチに生かせるように価値創造することがケミカルエンジニアに求められる。これら3つのアプローチを融合した“スマート攪拌技術”が展開されることを大いに期待している。

攪拌槽型反応機における CFD/PIV による経験則の数値化 ～投入位置の混合への影響～

Quantification of Experimental Rule by CFD and PIV for a Mixing Vessel Reactor
-Effects on mixing in the feeding position-



加藤知帆*
Tomoho Kato



小川智宏*
Tomohiro Ogawa



山部 芳**
Kaoru Yamabe

反応機では上蓋ノズルから槽内に原料を滴下投入する方法が一般的である。しかし、その位置は種々の制約もあり、混合への影響まで考慮できない場合が多い。近年、精密な化学反応を行う上で、またスケールアップによる混合時間の長期化では、反応に悪影響を及ぼす場合があり重要度が増している。本稿では、PIV と CFD を用いてツインスター翼の投入位置に対する混合への影響と各攪拌翼の混合性能を評価した。その結果、ツインスター翼での投入位置はバッフルと対称位置、攪拌翼にはフルゾーン翼を用いることが最も混合性能が高いことを確認した。

In a reactor, the raw material is generally fed dropwise into the vessel through a nozzle in the top head. However, there are various restrictions on the feeding position, and in many cases, it is not possible to take into account the effect on mixing. In recent years, the feeding position has become increasingly important for precise chemical reactions and for longer mixing times due to scale-up, as it can adversely affect the reaction. In this paper, PIV and CFD were used to evaluate the effect of a TWINSTIR impeller on mixing, with respect to the feeding position and the mixing performance of each impeller. As a result, it was confirmed that the best mixing performance was achieved when the TWINSTIR impeller was used for feeding from a position symmetrical to the baffle and the FULLZONE impeller was used in the mixing vessel.

Key Words :

攪拌槽
反応機
グラスライニング製攪拌翼
粒子画像流速測定法
数値流体力学

Mixing vessel
Reactor
Glasslined mixing impeller
Particle image velocimetry (PIV)
Computational fluid dynamics (CFD)

【セールスポイント】

- ・ PIV, CFD による定量的な評価
- ・ 攪拌槽内への滴下投入位置の検討

まえがき

近年、国内の医薬品、電子材料、ファインケミカルメーカーはより付加価値の高い製品を開発し、製造

する方向に向かっており、当社が提供するグラスライニング（以下 GL と呼ぶ）製反応機も多く使用されている。特に、小液量から最大液量（呼称容量）

*プロセス機器事業部 技術部 開発室
**プロセス機器事業部 技術部 攪拌設計室

まですべての液量において効率良く混合が可能であり、シンプルな構造による高い洗浄性を特長とするツインスター翼は、多品種少量生産が求められる上記の分野においてニーズが高い。

医薬品分野では、有効成分である『原薬』を化学合成により生産する場合が多い。最終的に目的とする純度の原薬を得るためには、合成中間体や原薬の精製が重要であり、高効率な精製法として晶析が頻繁に用いられている。なかでも貧溶媒晶析¹⁾は以下の点から多く利用されている。

- ①高温を必要としない
- ②高収率を得やすい
- ③多様な晶析制御条件の選択が可能

貧溶媒晶析は、化合物をよく溶ける溶媒（良溶媒）に溶解しておき、溶解性の低い溶媒（貧溶媒）を添加、混合することで過飽和を生成させる方法である。貧溶媒を添加する際に局所的に過飽和が発生すると、核の発生、結晶成長に大きな影響を与え、粒径が不均一化し品質のばらつきが生じる可能性があるため、迅速な均一混合の達成が求められる。

迅速な均一混合を達成するために攪拌翼、バッフルなどの攪拌槽条件を検討するユーザーは多いが、滴下、投入する位置に対し、混合への影響は考慮されていないケースが多い。実際のプロセスでは、知見のある技術者の経験則により決定することがほとんどである。また滴下、投入する位置を検討する場合、小スケールのラボ機では混合速度が速く、投入する位置により明確な差異を確認できず、多くのユーザーが検討に苦慮することは容易に想像できる。本稿では、PIV（Particle Image Velocimetry、粒子画像流速測定法）およびCFD（Computational Fluid Dynamics、数値流体力学）により、混合に適した投入位置、各攪拌翼の混合、分散性能を評価した。

1. 攪拌槽条件

攪拌槽条件を表1に示す。攪拌翼にはGL製反応機で一般的なツインスター翼²⁾と、古くからGL製攪拌翼として使用されているオーバル型3枚後退翼を採用し、バッフルはビーバーテイルバッフルを1本使用した。また比較対象として、耐食金属製反応機で使用されることの多い、当社オリジナル高効率

攪拌翼フルゾーン翼^{3), 4)}を加え、バッフルには10%板バッフルを2本使用した。

攪拌液には上水を使用し、各条件の攪拌速度は、単位体積あたりの攪拌所要動力 P_v 値を一定となる回転数で行った。

2. 実験方法

2.1 2次元 PIV 測定

PIV測定に使用した実験装置の概略図を図1に示す。透明アクリル製円筒槽の側面から攪拌軸へシート光を照射し、攪拌槽の半分の領域の流速を測定した。流速はサンプリング数30,000点から平均値を求め、CFD結果の検証用データとして使用した。

PIV測定には株式会社フローテック・リサーチ製の2成分PIVシステムを、トレーサ粒子にはナイロン粒子（粒径：30 μm 、密度：1,030 kg/m^3 ）を使用した。

2.2 流動解析

CFDにはANSYS社の汎用熱流体解析コードFLUENT19.2、モデリング、メッシュ作成にはAnsys Design ModelerおよびAnsys Meshingを用いた。乱流モデルは $k-\omega$ SSTモデルとし、混合・分散性能は以下の手法で評価した。

- ・最初に流れ場を作成
- ・各位置で10秒以上の平均流速を算出
- ・PIV測定結果、CFD解析結果それぞれの平均流速を比較し、CFD解析結果のバリデーション

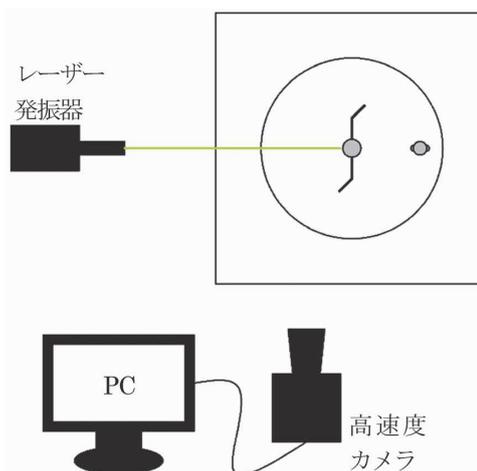


図1 実験装置の概略図（攪拌槽を上から見た図）

表1 攪拌槽条件

槽内径 [mm]	液深 [mm]	攪拌翼	翼径 [mm]	バッフル	回転数 [rpm]	P_v [kW/m ³]
400	500	ツインスター翼	200	1-ビーバーテイルバッフル	123	0.05
		オーバル型3枚後退翼	200	1-ビーバーテイルバッフル	168	0.05
		フルゾーン翼	240	2-板バッフル	58	0.05

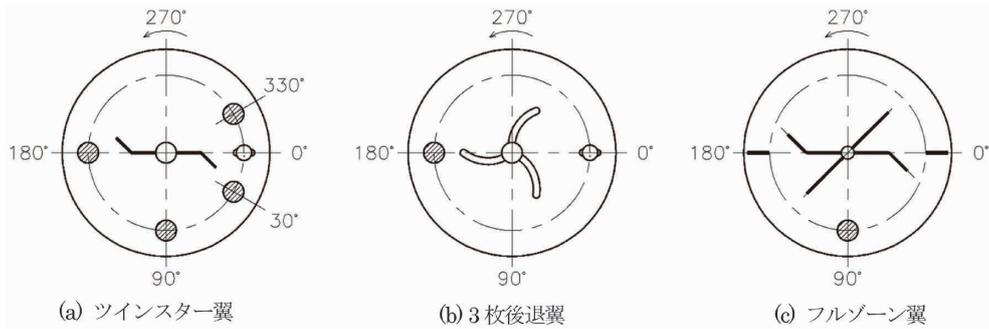


図2 トレーサの設置方位

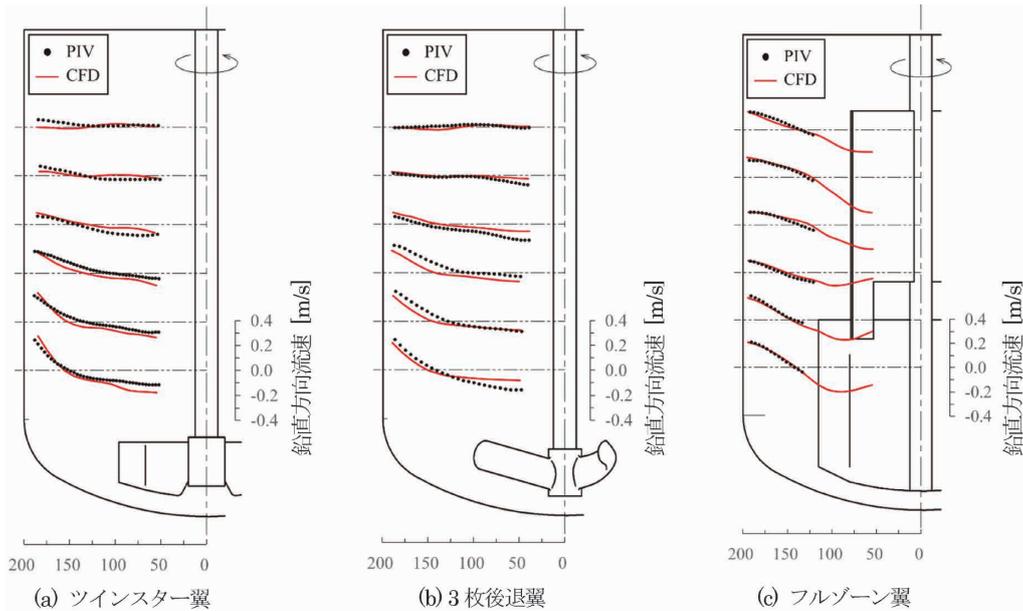


図3 PIVおよびCFDによる鉛直方向流速結果

を実施

- ・流れ場の液表面付近に、滴下液に見立てたトレーサとして直径40 mmの球形の領域を着色し、各時刻で混合、分散過程を確認
- ・各条件の結果を比較評価

GL製反応機では、槽上部のノズルから滴下する投入方法が一般的である。そのため、幾何学的相似にてスケールダウンした場合のノズル位置となる、槽中心から150 mmをトレーサの設置位置とした。トレーサの設置方位は、図2に示す。

3. 結果

3.1 CFD結果のバリデーション

図3に各攪拌槽条件の鉛直方向の流速に対し、PIV結果およびCFD結果を示す。流速を評価する攪拌槽の高さ断面は、T.L.+50 mmから300 mmの50 mm毎に設定した。その結果、CFDにて得られた流速はPIV結果と良好に一致することを確認できた。

3.2 混合・分散性能

CFDによる混合・分散過程の解析結果を図4に

示す。トレーサ濃度が0.1 wt%以上となる領域を青色で示した。

3.2.1 トレーサ設置位置の比較

ツインスター翼にて、各投入位置の混合・分散の推移を比較した。図5-1に攪拌槽内におけるトレーサの最大濃度値の推移、図5-2にトレーサ濃度が0.1 wt%以上となる領域の体積の推移を示す。

図5-1では混合を開始した直後、方位30°、330°で素早く濃度が降下するが、次第に方位90°、180°と逆転することが確認できる。バツフルに近接する方位30°、330°では、乱れた流れ場へトレーサを投入するため、混合を開始した直後にトレーサが混合、分散される。しかし、図4の0.5～1.0 sec.で示されるように、槽上部に形成された旋回流により、時間経過とともにトレーサがバツフルより離れ、高い濃度を維持したまま旋回するためと考える。

均一混合時のトレーサ濃度は約0.06 wt%である。そのため、混合初期はトレーサの分散が進むにつれ0.1 wt%以上となる領域の体積は増加するが、分散

攪拌翼	ツインスター翼				オーバル型 3枚後退翼	フルゾーン翼
	30°	90°	180°	330°	180°	90°
Start						
0.5 sec.						
1.0 sec.						
1.5 sec.						
2.0 sec.						
3.0 sec.						
5.0 sec.						
7.0 sec.						
9.0 sec.						
混合完了時間	15.2 sec.	12.9 sec.	10.9 sec.	15.6 sec.	27.7 sec.	5.7 sec.

図4 各攪拌槽条件およびトレーサ位置の混合過程

が十分に進むと減少することとなる。図5-2からは、トレーサを方位180°から投入することで最も早く分散を確認できる。方位180°から投入すると、トレーサが高い濃度塊のままバッフル手前より槽中心へ引き込まれ、槽下部への移流がスムーズに進行する。槽下部へ移流されたトレーサは攪拌

翼からの吐出流により槽全体への分散が促進される。一方、方位30°、330°では槽上部でトレーサが旋回しながら分散した後にバッフルへ到達するため、槽上部から下部へのトレーサの移流が徐々に進行することとなる。そのため、方位180°は方位30°、330°と比較し攪拌槽全体の混合、分散が早く進行し

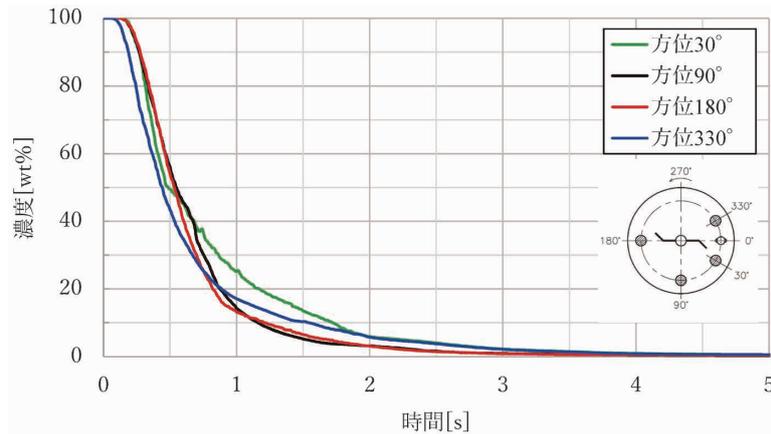


図5-1 ツインスター翼のトレーサ最大濃度の推移

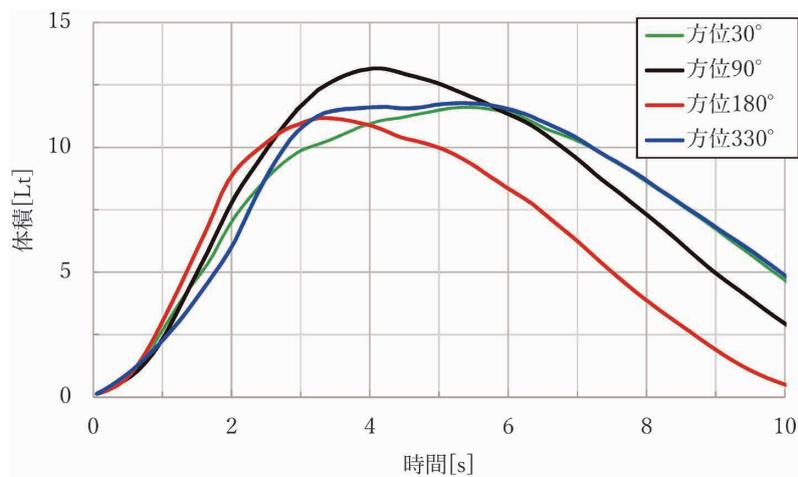


図5-2 ツインスター翼のトレーサ濃度0.1 wt%以上となる領域体積の推移

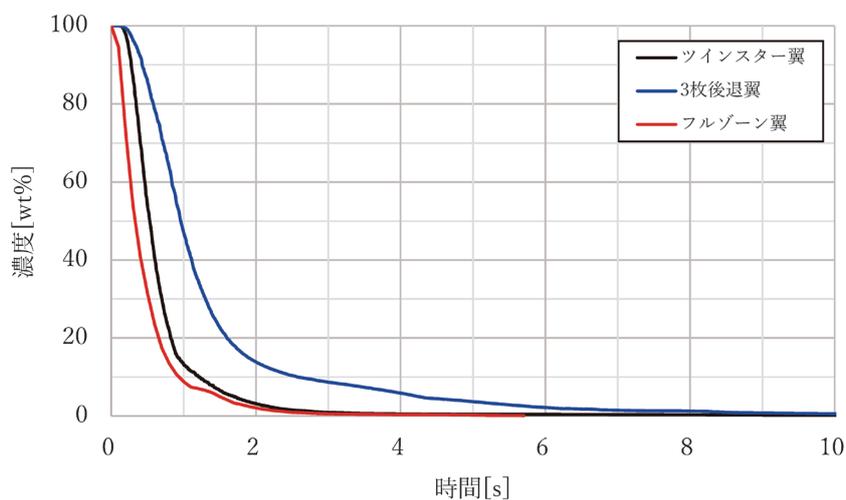


図6-1 各攪拌翼のトレーサ最大濃度の推移

た。

3.2.2 攪拌翼の混合性能の比較

各攪拌翼の混合・分散を比較した。トレーサの投入方位はバツフルから最も離れた方位となるツインスター翼：方位180°，3枚後退翼：方位180°，フル

ゾーン翼：方位90°とした。図6-1に攪拌槽内のトレーサの最大濃度値の推移，図6-2にトレーサ濃度が0.1 wt%以上となる領域の体積の推移を示す。

図4および図6-1，図6-2の結果より，ツインスター翼とオーバル型3枚後退翼を比較すると，ツ

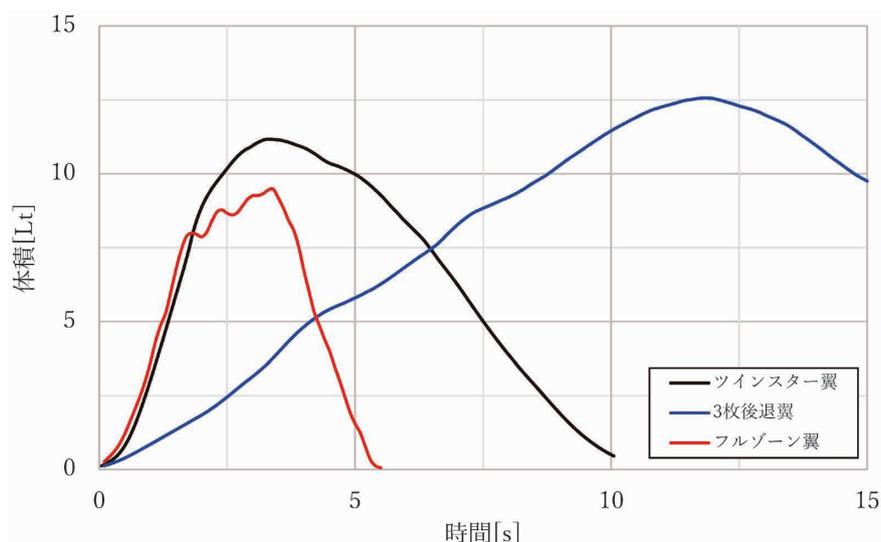


図6-2 各攪拌翼のトレーサ濃度0.1 wt% 以上となる領域体積の推移

インスター翼の混合・分散がより早く進行することが確認できる。3.2.1 項で記述したように、ツインスター翼ではトレーサがバッフル手前から槽中心へ引き込まれ、槽下部への移流が進み、槽全体へトレーサが分散する。一方、オーバル型3枚後退翼は図4で示す通り、トレーサが槽上部で旋回しながら、徐々に槽下部へ移るため、攪拌槽全体の混合、分散の進行が遅い結果となった。

ツインスター翼、オーバル型3枚後退翼が槽上部で旋回流を形成しながら、トレーサの混合・分散が進行するのに対し、フルゾーン翼は全く別の挙動である。上段翼と下段翼で吐出力のバランスが調整されたフルゾーン翼は、効率の良い上下循環流を形成し、槽中心部では強い下降流を形成する。そのため、混合が開始された直後からトレーサが槽下部へ移流され、ワイドパドル翼による強い吐出流がトレーサを混合・分散する。その結果、最も迅速に均一混合を達成する結果となった。

むすび

医薬・ファインケミカル分野で広く用いられるGL製反応機で使用されるツインスター翼とビーバ

ーテイルバッフルの組み合わせにおいて、投入位置に対する混合、分散性を評価するとバッフルから最も離れた方位180°から投入することで最も早く混合、分散する結果が得られた。また攪拌翼で比較するとフルゾーン翼、ツインスター翼、オーバル型3枚後退翼の順に混合性能が高いことが確認できた。

近年では、CFD技術の向上、測定技術の発達により、過去に評価が困難であった事象に対し、多面的な検証が可能となった。それにより、これまで経験的に判断してきた事柄に対して、より適切な検証が可能になると考える。今後もCFD、PIVによる検証を行い、より幅広い技術者にミキシング技術を理解いただけるよう取り組みたいと考えている。

[参考文献]

- 1) 久保田徳昭ほか：分かり易い貧溶媒晶析 (2013), p43
- 2) 中村隆彦ほか：神鋼パンテック技報 vol.45 No.1 (2001), p33
- 3) 菊池雅彦ほか：神鋼パンテック技報 vol.35 No.1 (1991), p6
- 4) 菊池雅彦ほか：神鋼パンテック技報 vol.35 No.3 (1991), p6

高効率バッチリアクターシステム PI QFlux[®] の伝熱・省エネ性能検証

Heat Transfer and Energy-saving Performance Verification Results of High Performance “PI QFlux[®]” Batch Reactor System



岸 勇佑*
Yusuke Kishi



小川智宏*
Tomohiro Ogawa



前背戸智晴**
Tomoharu Maeseto
工学博士

英国 PTSC 社（Process Technology Strategic Consultancy Ltd）が開発している高効率バッチリアクターシステム PI QFlux[®] は、高効率バッチリアクター “PI reactor” を高精度単一熱媒供給ユニット “TCU” で制御するシステムである。当社と PTSC 社は共同で性能検証テストを実施し、当初の想定通り従来のグラスライニング（GL）反応機の 4 倍以上の伝熱性能を有すること、また、50% 以上ボイラー燃料消費を削減可能なことを確認した。

The PI QFlux[®] is a high-performance batch reactor system developed by Process Technology Strategic Consultancy Ltd (PTSC) of the UK, in which a “PI reactor” is controlled by a high accuracy single heat transfer fluid thermal control unit (TCU). The performance verification test of the PI QFlux[®] was jointly completed by PTSC and Kobelco Eco-Solutions Co., Ltd., and confirmed that the system delivers more than four times the heat transfer performance and can reduce the boiler fuel consumption of earlier glass-lined reactors by more than 50%.

Key Words :

高効率バッチリアクターシステム PI QFlux [®]	High performance PI QFlux [®] batch reactor system
高効率バッチリアクター PI reactor	High performance batch reactor PI reactor
高精度単一熱媒供給ユニット TCU	High accuracy single heat transfer fluid thermal control unit (TCU)
ハイブリッドグラスライニング	Hybrid glass-lining

【セールスポイント】

- ・ PI QFlux[®] を使用することで従来の GL 反応機の 4 倍以上加熱冷却時間を短縮することが可能。
- ・ PI QFlux[®] を使用することで加熱時に 50% 以上の省エネ（CO₂削減）が可能。

まえがき

当社は、化学・医薬プラントで利用される反応機、貯槽、熱交換器等に GL を施工して販売しており、2017年には GL 事業の創業70周年を迎え、化学機器メーカーとして国内化学産業の発展と共に歩んできた。GL 反応機は改良を加えつつ現代まで用いられてきているが、基本には大きく変化していない。近

年では連続生産が注目され、医薬原薬・中間体製造において海外で連続生産の実用化が始まっている¹⁾。

ファインケミカル・電子材料・石油化学といった化学分野や医薬原薬・中間体製造プラントの大部分は従来のバッチ反応機を用いたプロセスが使用されている。バッチ反応機を高効率化することで、反応

*プロセス機器事業部 技術部 開発室
**プロセス機器事業部 事業推進室

機の更新時に反応機を小型化可能、もしくは増産が可能である。そこで、英国 PTSC 社（Process Technology Strategic Consultancy Ltd）が開発している高効率バッチリアクターシステム“PI QFlux[®]”に着目し、共同でその性能検証を実施する契約を締結し、この度、当社播磨製作所内に設置した実証試験設備を用いて、その性能検証テストを実施した。その結果、当初の想定通り従来のグラスライニング（GL）反応機の4倍以上の伝熱性能を有すること、また、50%以上ボイラー燃料消費を削減可能なことを確認したので紹介する。

1. PI QFlux[®]

PI QFlux[®] は高効率バッチリアクター PI reactor（PI：Process Intensity）を高精度単一熱媒供給ユニット TCU で制御するシステムである。TCU は PTSC 社の子会社が販売している単一熱媒供給ユニットで、医薬・化学など幅広い産業分野で極低温から高温にわたる広い温度範囲の制御において数多くの実績を有する製品である。PI reactor と TCU のイメージ図を図1に示す（PI QFlux Introduction より抜粋）。

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=PzRmtHKJwpo>。

また、図2にPI QFlux[®] 実証試験設備の外観写真を示す。

PI reactor は TCU から供給される単一熱媒油で加熱冷却される。PI reactor は外套以外に反応機内部に特殊耐食合金製の加熱可能なバッフルを有しており、外套とバッフルの双方で加熱冷却が行われている。TCU は熱媒を加熱冷却するためにユーティリティとして蒸気、冷却水、ブラインを使用し、各々熱交換器を用いて熱媒を加熱冷却している。また、加熱については蒸気より電気ヒーターの方が効率が良いため、蒸気による熱交換の代わりに電気ヒーターにより直接熱媒油を加熱する構造をとることも可能である。

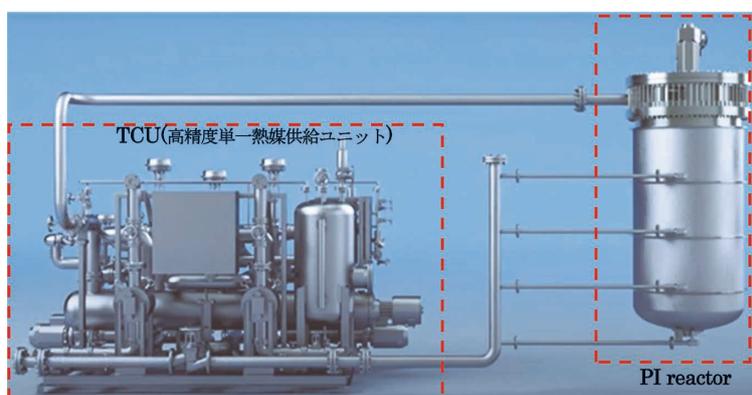


図1 PI QFlux[®]

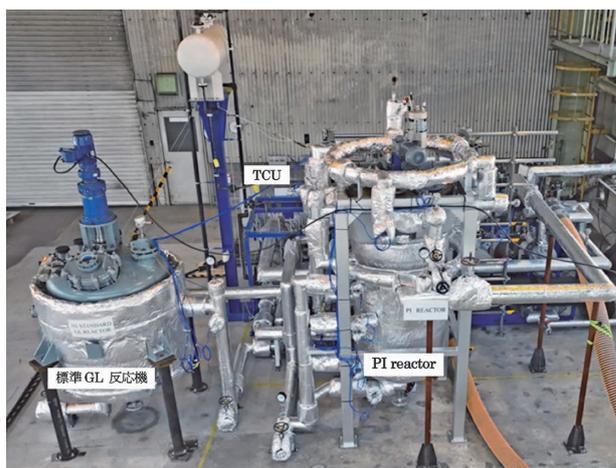


図2 PI QFlux[®] 実証試験設備外観

2. 実証試験

今回は容量 1 m³ の PI reactor と標準 GL 反応機(当社製品 WS-R)を使用した。内容液は水と油（コーンオイル）の2種類を使用し、水の場合は5℃から95℃への加熱と95℃から40℃までの冷却、油の場合は10℃から160℃への加熱と160℃から40℃までの冷却における所要時間で伝熱性能を比較した。PI reactor と標準 GL 反応機の本体はいずれも GL 製のため、熱衝撃による GL 破損を防止するために $\Delta T=100 \sim 120$ ℃ の制限を設けて外套側からの加熱冷却制御を行った。

なお、冷却に関しては、冷却側ユーティリティ性能不足問題があり、標準 GL 反応機より約1/3に冷却時間を短縮可能なことまでは確認できた。性能不足問題を解消し、加熱時と同等の ΔT が取れば理論上加熱時同様に1/5～1/4に冷却時間も短縮可能である。本稿では冷却時の結果詳細報告は割愛した。

3. 実証試験結果

内容液が水の場合の加熱時の両者比較結果を図3に、内容液が油（コーンオイル）の場合の比較結果を図4に示す。内容物が水、油いずれの場合においても同じ加熱蒸気圧力（温度）では約1/4、PI

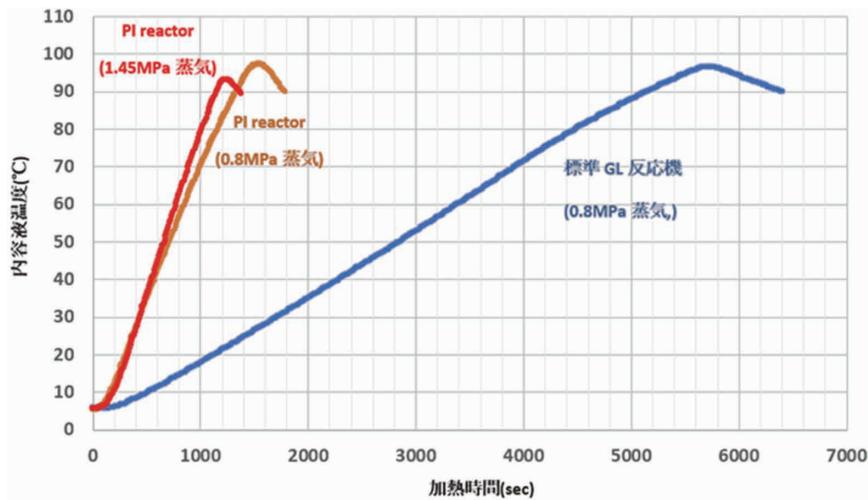


図3 PI reactor と標準 GL 反応機加熱時間比較結果
 内容液：水 加熱源：標準 GL 反応機 0.8 MPa 蒸気, PI reactor 0.8 MPa, 1.45 MPa 蒸気の 2 ケース

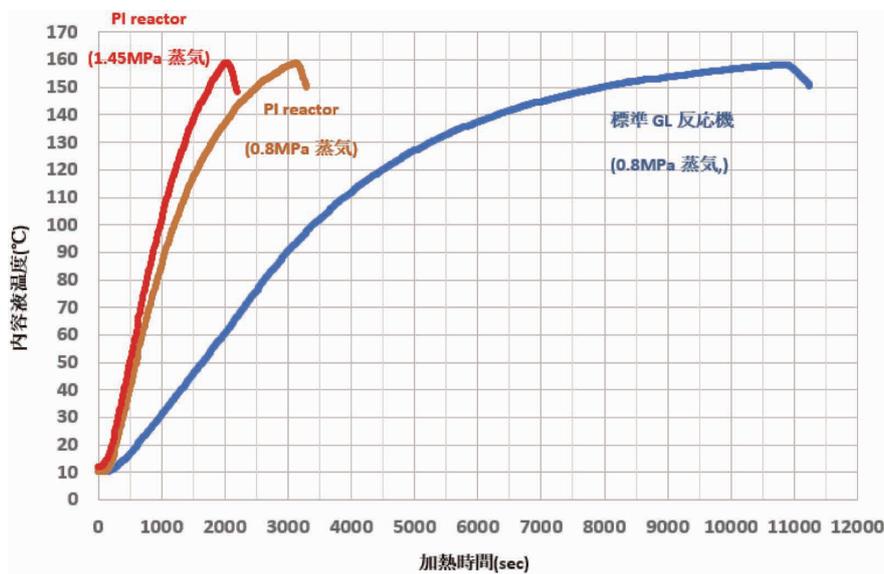


図4 PI reactor と標準 GL 反応機加熱時間比較結果
 内容液：油 加熱源：標準 GL 反応機 0.8 MPa 蒸気, PI reactor 0.8 MPa, 1.45 MPa 蒸気の 2 ケース

reactor の加熱蒸気圧力（温度）を上げることで約 1/5 に加熱時間が短縮されていることがわかる。PI reactor 内部にある加熱可能なバッフルについては GL 施工された本体側と異なり ΔT の制限がないため、加熱蒸気圧力（温度）を上げ供給する熱媒温度を上げることで加熱時間短縮を実現している。TCU については単一熱媒を使用しているが、内部制御により PI reactor 外套側は ΔT 制御した熱媒を、内部の加熱可能なバッフルは ΔT 制御なしのより高温の熱媒を各々供給可能となっている。加熱時にボイラーが消費した燃料を実測して PI reactor の省エネ性能を確認した結果、標準 GL 反応機に比べて 50 ~ 60 % 燃料消費量が少ないことを確認した。

PTSC 社の方には今回来日して約 1 ヶ月間の実証試験対応を頂いた。当初の想定通りの性能が確認出



図5 PTSC 社の方と QFlux 実証試験完了記念写真
 （中央青い上着が PTSC 社の方 2 名）

来たことを記念し PTSC 社の方と実証試験装置前で写真撮影を行った（図 5）。

む す び

今回使用したPI reactorはPTSC社が設計したASME準拠の仕様で製作した。第一種・第二種压力容器といった国内法規に対応するためには設計変更が必要であり、今後当社にて設計変更を進めていく。TCUによる単一熱媒使用に関しては設備導入による初期投資が必要ではあるが、従来の蒸気、冷却水、ブラインの媒体切り替え作業が不要、外套内部の発錆による伝熱性能低下の回避、外套内部洗浄作業などのメンテナンス作業減、発錆による減肉がないため機器寿命の長寿命化など多くのメリットがある。PI QFlux[®]については、前述したように加熱冷却時

間短縮による生産性向上と省エネ（CO₂削減）効果があり、ユーザーにとって魅力あるシステムとなり得ると考えている。また、TCUを活用した従来バッチ反応機との組合せなど、ユーザーの要求にあった提案ができるよう各種検討を進めていく予定である。本システムを開発、上市することで国内および海外の多様な産業の発展に貢献していきたいと考えている。

[参考文献]

- 1) “カネカ 医薬品 GMP 準拠の連続生産設備が本格稼働”, 2018/7/23,
URL: <https://www.kaneka.co.jp/topics/news/nr>

HybridGL[®] 新製品 HYX-H95[®]

New HybridGL[®] HYX-H95[®]



多田篤志*
Atsushi Tada



前背戸智晴**
Tomoharu Maeseto
工学博士



宮内啓隆***
Hiroataka Miyauchi



香川博行*
Hiroyuki Kagawa



北岡敏男*
Toshio Kitaoka

当社は2016年にガラスライニングの耐食性に加え、2つ以上の機能を有するハイブリッドガラスの開発に着手し、2017年に高伝熱性と耐静電気を両立させた世界初*のハイブリッドガラスであるHYX-HE[®]を上市した。2019年にはHYX-HP[®](高伝熱性+医薬向/視認性・洗浄性)を上市、そしてこの度、高伝熱性と低溶出性の機能を持ったハイブリッドガラスの開発に成功しHybridGL[®] HYX-H95[®]として上市した。本稿ではHYX(ハイクロス)シリーズのベースであるHT IIと最新のHYX-H95[®]をはじめとして各HYXシリーズの性能を紹介する。

※「世界初」

ガラスライニング本来の機能である耐食性以外の機能を有したガラス(機能性ガラス)を製品化している日本、欧州のガラスライニングメーカーのホームページ情報に基づく神鋼環境ソリューション調べ。2021年12月時点において異なる機能性ガラス層からなるハイブリッドガラスライニング製品は神鋼環境ソリューションのみ。

Development of hybrid glass that adds two or more qualities other than corrosion resistance to glass-linings started in 2016. In 2017, the HYX-HE[®] went on the market as the world's first* hybrid glass to offer high thermal conductivity and antistatic property in addition to corrosion resistance. In 2019, the HYX-HP[®] was released with high thermal conductivity, visibility and washability for pharmaceutical application. Recently, a hybrid glass of high thermal conductivity and low-elution property was developed and launched as the HybridGL[®] HYX-H95[®]. This paper introduces the performance of the HT II, which is the base glass of the HYX series, the newly developed HYX-H95[®] and other glass products of the HYX series.

Key Words :

ハイブリッドガラス	Hybrid glass
低溶出ガラス	Low elution glass
高伝熱ガラス	High thermal conductivity glass
耐静電気ガラス	Antistatic glass
HybridGL [®] ブランド戦略	HybridGL [®] branding

【セールスポイント】

- ・高伝熱性 GL 9000HT II は、一般的な伝熱改善方法である施工ガラス厚みの低減に加え、ガラス自身の熱伝導率を向上させることで従来 GL より伝熱性能を大幅に向上させた製品で、加熱冷却時間の短縮による生産性向上と省エネ(CO₂削減)に貢献可能。
- ・9000HT II をベースとしたハイブリッドガラスである HYX-HE[®], HP, H95 は HT II の高伝熱性能に加え、各々耐静電気、医薬向け/視認性・洗浄性、低溶出性を合わせ持ったガラスであり、ユーザーのニーズにあった機能の組み合わせが選択可能。

*プロセス機器事業部 生産部 製造室

**プロセス機器事業部 事業推進室

***プロセス機器事業部 生産部

まえがき

グラスライニング（GL）は耐食性を必要とする製造原料や反応プロセスで使用可能な耐食材料で、当社は化学・医薬プラントで使用される GL 製の反応機、貯槽、熱交換器等を製造、販売している。2017年には GL 事業の創業70周年を迎え、プロセス機器メーカーとして国内外化学産業に携わり、共に歩んできた。

国内化学産業は、汎用品と異なる高付加価値品を強みに各種中間体原料のファインケミカルや電子材料など機能性材料分野で成長を続けている。機能性材料の多くはASEAN市場をはじめ海外へ輸出され、現地で二次（最終）加工されてから全世界へ流通する。国内化学製品の輸出額はASEAN向けの比率が非常に高く、2016年には総輸出額の約74%にあたる約5.3兆円がASEAN向けとなっており、日本の化学品市場が拡大している¹⁾。

生産プロセスに着目すると、欧州等のバルクケミカル（少品種、連続生産）に対して、国内化学産業では多品種、少量生産のバッチプロセスが多く、求められるプロセス機器の仕様も異なる。

このような製品品目、生産方式の違いを背景に、国内 GL トップメーカーの当社には顧客から多様なニーズが寄せられ、これまでの製品開発につながっている²⁾。本稿ではHYXシリーズのベースであるHT IIと最新のHYX-H95[®]をはじめとして各HYXシリーズの性能を紹介する。

1. ハイブリッドグラスライニングとブランド戦略

当社は2016年にハイブリッドグラスの開発に着手し、2017年に世界初のハイブリッドグラスであるHYX-HE[®]（高伝熱性+耐静電気）を上市し、2019年にHYX-HP[®]（高伝熱性+医薬向/視認性・洗浄性）、そして今回HYXシリーズ3製品目であるHYX-H95[®]（高伝熱性+低溶出性）を上市した。そして、今後、

“グラスライニングはハイブリッドの時代に” なるとの思いからハイブリッドグラスライニングについて認知を広め（周知化フェーズ）、その後、製品の使用を通じて性能の良さを認識頂きファンになって頂く（信用化フェーズ）ことを目的にブランド戦略を開始した。ハイブリッドグラスであるHYXシリーズのブランドとしてHybridGL[®]を、ロゴとしてHybridGL[®]を制定し、2022年5月より新聞記事、広告と具体的に活動を開始した。HybridGL[®]については世界展開をにらみ商標についても主要各国へ出願している。

2. 9000HT II

9000HT IIの構造等の詳細については先の技報において報告³⁾しているため詳細は割愛し、基本的な性能と導入事例2例について簡単に紹介する。

図1に耐食グラス9000と9000HT IIの昇温所要時間を比較したグラフを示す。9000HT IIを使用することで33%昇温所要時間が短縮されていることがわかる。さらに高効率攪拌翼であるフルゾーン[®]を使用することで缶内境界膜係数が向上し、更なる時間短縮が可能となっている。

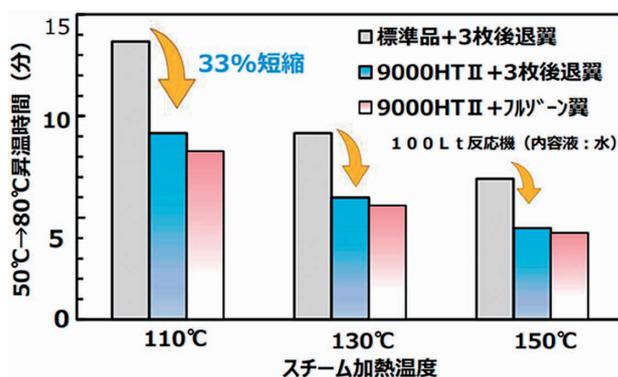


図1 耐食グラス9000と9000HT IIの昇温所要時間比較
50℃から80℃まで内容液（水）を昇温するために要した時間が縦軸
内容液を加熱するために外套に使用したスチームの温度が横軸

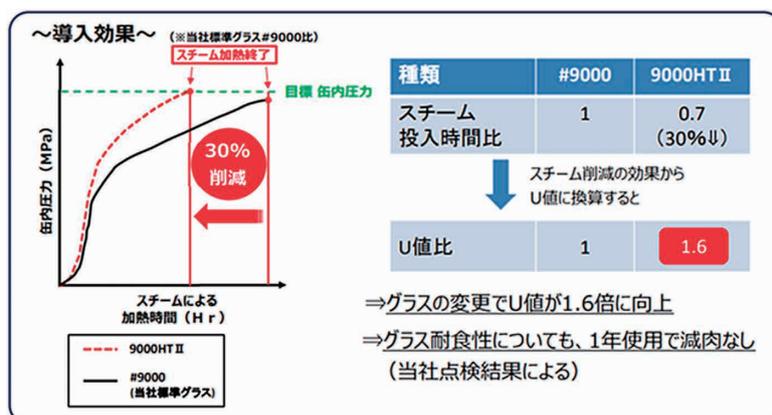


図2 腐食性の厳しい強酸用途への導入事例

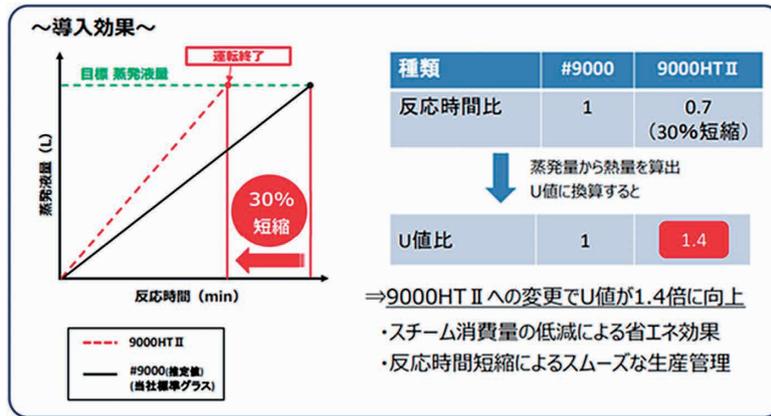


図3 医薬品原料用途への導入事例

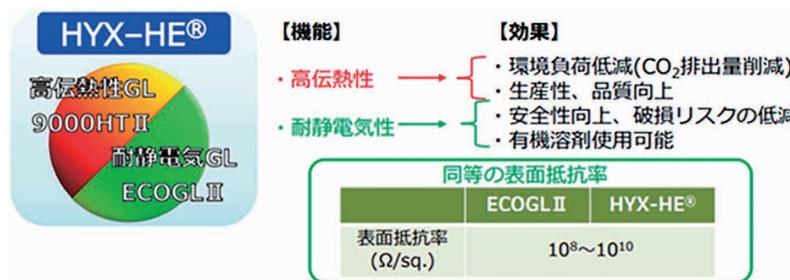


図4 HYX-HE® の性能概要

図2に腐食性の厳しい強酸用途への導入事例を示す。反応機内容液が腐食性の厳しい強酸で、缶内圧力が目標値に到達するまで外套にスチームを投入して昇温させる事例である。ガラスを9000から9000HT IIに変更することで、ほぼ想定通り昇温所要時間が30%低減していることがわかる。

図3に医薬品原料の濃縮工程での導入事例を示す。内容液の蒸発液量で運転管理されている事例で、9000HT IIを適用することで、所定の蒸発液量となるまでに運転終了までの時間が30%短縮されていることがわかる。

このように9000を9000HT IIに変更頂くだけで約30%の時間短縮が図れ、生産性向上やスチーム燃料消費削減による省エネ、CO₂削減効果が得られる。

3. HYX シリーズ

ガラスへの機能性付与の次の段階として、多機能化のニーズに応えるべく、二つの機能性を有するハイブリッド型ガラスライニングであるHYXシリーズの商品化を検討した。

HYXシリーズは、当社独自の異なる機能性ガラスを複層施工する構造を利用することで、以下の特徴を実現している。

- ① 組合わせた各機能（高伝熱性、耐静電気、低溶出等）は、ハイブリッド化前と同等

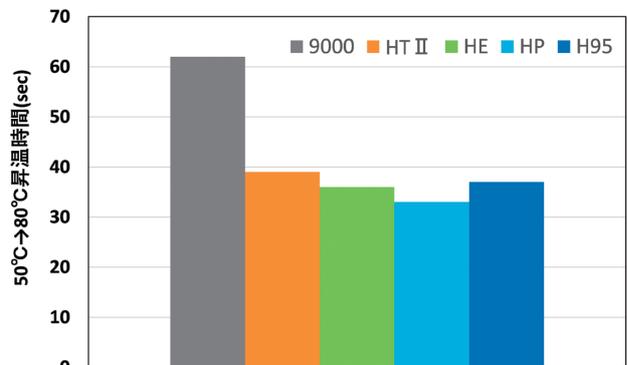


図5 HYX シリーズと HT II, 9000の伝熱性能比較

サンプルは80×80×6t 炭素鋼テストピースへGL施工
サンプルをホットプレート上で加熱した際の表面温度を測定
サンプル表面温度が50℃から80℃に到達するまでの時間を比較

- ② 製品に接する表層部のガラスは、実績のある機能性ガラス（ECOGL® II, PPG等）を施工

※ただしHYX-E95®を除く

※接液部のガラスが既存設備と同じであれば、過去の実績を重視される顧客にも採用頂きやすい

HYXシリーズで組み合わせる機能は、広い分野で有用な影響を付与可能な高伝熱性（生産性向上）を軸として展開し、現在、HYX-HE®（高伝熱性+耐静電気）、HYX-HP®（高伝熱性+視認性・洗浄性）、HYX-H95®（高伝熱性+低溶出性）の3種類をライ

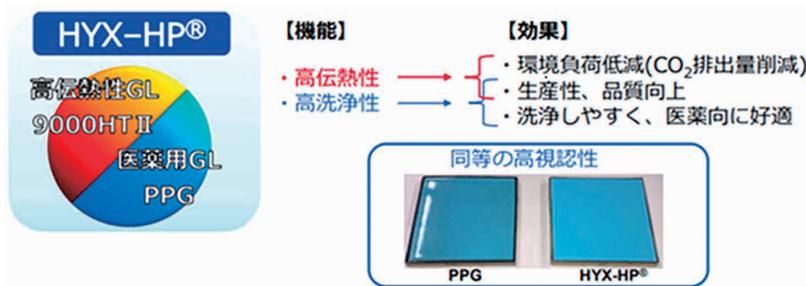


図6 HYX-HP[®] の性能概要

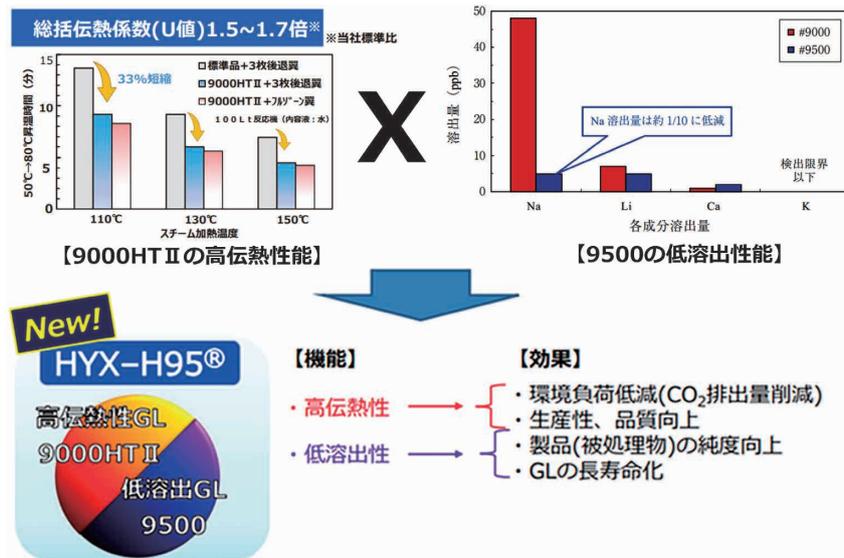


図7 HYX-H95[®] 性能概要

ンナップしている。

以下、その3種類と次に商品化を検討しているHYX-E95[®] (耐静電気+低溶出性)を紹介する。

3.1 HYX-HE[®]

HYX-HE[®] は溶剤の使用による静電気トラブル防止のため ECOGL[®] IIを採用している GL 機器において、HEを採用することで ECOGL[®] IIの耐静電気性能に加えて、2. 項で述べた HT IIの高伝熱性による生産性向上、省エネ、CO₂削減効果を楽しむことができる製品となっている。図4にHEの性能概要を、図5にHE、HP、H95とHT II、9000のテストピースでの50℃から80℃の昇温時間を比較したグラフを示す。HYXシリーズにおいてHT IIと同等の昇温時間短縮効果が得られていることがわかる。

3.2 HYX-HP[®]

HYX-HP は洗浄性が要求される医薬用途に最適なガラス PPG*を採用している GL 機器においてHPを採用することで PPGの洗浄性、視認性、耐アルカリ性向上に加え、2. 項で述べた HT IIの高伝熱性による生産性向上、省エネ、CO₂削減効果を楽しむことができる製品となっている。図6にHPの性能概要を

示す。

* PPG (Pfaudler Pharma Glass) は Pfaudler Werk GmbH との技術提携品。

3.3 HYX-H95[®]

HYX-H95は高伝熱性と低溶出性を合わせ持った HybridGL[®] であり、半導体関連製品といった金属イオン溶出低減ニーズから9500を採用している GL 機器において、H95を採用することで9500の低金属イオン溶出、耐水性・耐酸性向上というメリットに加え、2. 項で述べた HT IIの高伝熱性による生産性向上、省エネ、CO₂削減効果を楽しむことができる製品となっている。図7にH95の性能概要を示す。

3.4 HYX-E95[®]

HYX-E95[®] は溶剤の使用による静電気トラブル防止のため ECOGL[®] IIを採用した GL 機器を使用されている顧客より、9500の低金属イオン溶出性能を同時に利用したいというニーズを頂いたことから開発している製品である。現在開発の最終段階にあり、今秋に CDB[®]、CDF[®]、FD といった乾燥機、ろ過乾燥機から先行上市し、23年4月に反応機を含めた全製品に対して上市する予定である。図8にE95の性



図8 開発中のHYX-E95®性能概要

能概要を示す。

むすび

上市予定のE95を含めHybridGL®HYXシリーズとHYXシリーズの多くでベースとなっているHT IIについて、その性能などについて紹介をさせて頂いた。ガラスライニングは耐食性という観点でこれまで採用されてきた機器であるが、近年は耐食性があるのは当然で、耐食性に加えて耐静電気などのプラスαの機能が要求されてきている。当社はそれにさらに異なる機能を加えた2つ以上の機能を有する

HybridGL®が今後は標準となり、“ガラスライニングはハイブリッドの時代に”なっていくものと確信している。E95上市後もさらなるHybridGL®製品開発を継続してHybridGL®製品ラインナップの充実を図り、HybridGL®ブランド戦略で掲げている

本質的価値：素材産業の発展に寄与する化学プロセス機器の提供

目指す未来：お客様への納品を通じた「社会と地球が調和する未来」

やるべきこと：「品質向上」「生産性向上」「安全性向上」「環境負荷低減」等の複数課題の解決に寄与すること

を実践し続けていく所存である。

[参考文献]

- 1) ケミカルビジネス情報 MAP2018, 化学工業日報社
- 2) 宮内啓隆ほか, グラスライニング創業70周年を迎えて, 神鋼環境ソリューション技報, Vol.13, No.1, (2016/9), p.2-14
- 3) 椿野直樹ほか, 最新のガラスライニング (2018), 神鋼環境ソリューション技報, Vol.14, No.2, (2018/3) p.28-33

HybridGL[®] ～テクノロジーブランド構築に向けて～

-Branding Our HybridGL[®] Technology-



佐々野康弘*

Yasuhiro Sasano

1級知的財産管理技能士

BtoC はもとより BtoB 企業においても経営の重要な要素の1つになっているブランディング。そのブランディングは大きく周知化フェーズ→信用化フェーズをたどる。前者に関して当社のガラスライニング技術及び製品である「HybridGL[®]」を例に、ブランディングの客体である顧客らにいかにして当ブランドを理解し記憶に留め共感してもらうか、その主体である社員にいかにして活動の意義を高く意識させそれを維持させるか、について検討した。その結果、新規にブランド名及びそのロゴを創出した。また、社会的意義と当社の志とを含みかつ当社の企業理念と合致するブランドストーリーを制定した。

Branding is one of the important factors in managing not only B to C business but also B to B business. The first phase of branding is to get the brand known. The next phase is to gain trust in the brand. For our glass-lining technology and HybridGL[®] products, we considered ways to get customers, as targets of the brand, to understand, remember and relate to the brand, and how to make employees, as promoters of the brand, highly aware of the significance of branding activities and maintain them in this first phase. As a result, we created a new brand name and logo. In addition, we established a brand story that includes its social significance and our company's aspirations, and matches our corporate philosophy.

Key Words :

ブランド名とそのロゴ
ブランドストーリー
企業理念との関係

Brand name and logo
Brand story
Relationship between aim of "brand story" and corporate philosophy

【セールスポイント】

- ・ブランド名（識別記号）は技術・製品の特徴を理解させ記憶に留まりやすくなるものを選定した。また、そのロゴにはブランドストーリーを説明するきっかけとなる意味合いを持たせた。
- ・ブランドストーリーを、本ブランドの社会的意義や志を含ませて設定することにより、「ファン」獲得に結びつけ、社員の意識向上を狙った。
- ・ブランドストーリー＝企業理念とすることで、「ファン」の期待に応える、「ファン」の信用を裏切らないために必要と考える「揺るぎない価値」を社員に示した。

まえがき

当社は2016年に、高度化している顧客のニーズに

応えるべく、後述するハイブリッド型のガラスライニング（以下 GL と略す場合あり）製品の開発に着

*プロセス機器事業部 事業推進室

手し、翌年に世界初¹⁾のハイブリッド製品である「HYX-HE[®]」を上市した。また、別の機能を有するハイブリッド製品である「HYX-HP[®]」を2019年に「HYX-H95[®]」を今春にそれぞれ上市した。これら「HYX」(呼び名「ハイクロス[®]」)シリーズは、順調に売り上げを伸ばしてきており、また一方で新聞に記事²⁾として取り上げていただけるほどに話題性をもって業界内で認知度が進みつつある製品である。

さて、当社は、今後、「HYX」シリーズを拡充し顧客のニーズに一層応えていく予定であるところ、当事業における位置付けや、顧客・競合他社との関係性などを鑑みるとこの製品・技術の無体財産的価値を高めていく必要があると認識しており、その具体策の一つとしてブランディングに取り組むことを決めた。ブランディングは大きく周知化フェーズ→信用化フェーズをたどるところ、本稿では前者についての取り組みを紹介する。特に、ブランディングに向けた「テクニカル」な視点で当社が気をつけたことを記すことにする。

1. 「HYX」シリーズとは

1.1 開発経緯

電子情報材料・医薬品材料などの機能化学品分野を強みとする国内化学市場ではGL製品に対して生産性向上、高純度化などが求められており、当社はこれらのニーズに対応したGLを上市しているところである(表1)³⁾。

国内化学市場で主流である多品種・少量生産方式を採用するマルチパーパスプラントの場合、バッチ生産性を向上させることはもちろんのこと、多用途への対応が求められる。そこで、当社としては、複数の機能を備えたハイブリッド型のGL製品市場が今後、形成・拡大していくものととらえ、当該製品である「HYX」シリーズの開発に着手した(2016年当時)。

1.2 構造と機能

当社が上市した「HYX-HE」は、表1における「高

表1 GL製品に求められるニーズ

ニーズ	性能	対応GL (当社製品名)
生産性向上	昇温・冷却時間の短縮	高伝熱性GL (9000HT II)
生産品の高純度化	コンタミレス	低溶出性GL (9500)
マルチパーパス	多用途(多品種)への対応	耐静電気GL (ECOGL II)
缶内視認性・洗浄性	缶内が見え易く洗い易い	医薬用GL (PPG*)

※PPGはPfaudler Germany社の製品である。



図1 「HYX-HE」

伝熱性GL」と「耐静電気GL」とのハイブリッド製品である。「HYX-HP」は「高伝熱性GL」「医薬用GL」の、「HYX-H95」は「高伝熱性GL」「低溶出性GL」のハイブリッド製品である。代表して「HYX-HE」の構造を図1に示す。

2. 「HybridGL[®]」のブランディング

2.1 ブランド名とそのロゴ

2.1.1 ブランド名

まえがきに記したとおり、当社は、世界初のハイブリッド製品である「HYX-HE」などを「HYX」シリーズとして販売している。普通に考えれば「HYX」をブランディングの対象(識別記号)として良いところである。しかしながら、「HYX」はアルファベットの羅列であって特段の観念を生じさせるものではない。そこで、当該対象を新採用の「HybridGL」とした。その主な理由を以下1)～3)項に記す。「HYX」ではそれに読み仮名「ハイクロス」を付したとしても次の1)、2)項を具備しない、具備させにくい。

なお、「HybridGL」は「HYX」シリーズを含む製品の統括名称である。

1) 製品及び市場の理解・記憶・売上

①製品構造：名が体を表す。[理解][記憶]

②市場認知：ハイブリッド型GL製品の市場セグメントは黎明期である。当社の製品の売り込みにあわせて当該市場の認知の浸透を図る。[売上]

③共通語「Hybrid」：製品名も市場名も共通語「Hybrid」を用いるようにした。このことにより、製品情報に触れた顧客らであっても市場に関心のある顧客らであっても、Web検索の際、「ハイブリッド グラスライニング」と入力していただけるのではないかと、結果として、当社Webへのアクセスにつながるのではないかと期待している。[売上]

また、共通語「Hybrid」を用いることで顧客らの記憶に留まりやすくなるを考える。記憶が薄らいだ状況にあっても検索に用いてもらえるキーワードを人によってできるだけばらつくことがないようにすることを狙って「Hybrid」1つ

に集中して営業展開するようにした。[記憶]

2) 語感と製品との関係性

「Hybrid」は、トヨタ自動車株式会社から1997年に世界初の量産ハイブリッド自動車として販売された「PRIUS」(同社の登録商標⁴⁾)での使用をはじめ、建築⁵⁾、住宅設備⁶⁾、建設機械⁷⁾、医療⁸⁾など⁹⁾の多くの分野で製品名などとして使用されている言葉である。全てを確認した訳ではないが、直接的な「異種の要素を組み合わせた製品」⁹⁾を形容する言葉としてだけでなく、往々にして「時代を先取りした」「先端の」という意味合いでも使用されているように思われる。当社「HybridGL」は新しいグラスライニングの時代を築く、まさに時代を先取りした製品であるのとらえているし、市場においてもそのようにとらえていただきたいという願いを込めて「Hybrid」を用いることにした。

3) 法的保護

前記1)、2)項のとおり、「HybridGL」の選択には狙いがあるところ、ブランド名は他人が勝手に使用しないよう法的に保護され得るものでなければならぬと認識している。当社は「HybridGL」の商標登録を済ませている¹⁰⁾。また、関連する商標の出願手続きを済ませている。

2.1.2 ブランドロゴ

「HybridGL」のロゴを図2に示す。第一には、これを目にされた方にハイブリッド型のグラスライニングを想起していただけるようデザインした(以下の1)~2)項)。第二に、ブランドストーリーとの観点も加味した(同3項))。第三に、貼りつけ先のスペースの点も考慮した(同4項))。

1) マーク [理解] [記憶]

ハイブリッドの「H」を模した形状とした。また、そのHを構成する2色の青はそれぞれが機能性GL層を表しており、これらが掛け合わさった製品構造としての意味合いを持たせている。

2) 名称 [理解] [記憶] [売上]

ハイブリッドグラスライニングの意味合いである。

3) ブランドストーリーとの関係

マークにおける2色の青は「当社」と「顧客」と



図2 ロゴ

を示す別の意味も有している。当社の HybridGL 技術を顧客に使用していただくことにより「社会と地球が調和する未来」に少しでも近づけていきたいとの思いをマークに込めている。この「…未来」がブランドストーリーにおける重要な一項目である。

さて、ブランドロゴにブランドストーリーを関連させることは、当社はブランディングの実務上、有意なことととらえている。と言うのは、ブランディングに取り組む上で顧客らにブランドストーリーを説明し、理解いただくことを大切にしたいと思っており、その機会をできる限り増やしたいと考えているからである。露出頻度が高いブランドロゴにブランドストーリーを意味付けすることでその説明のきっかけを増やすようにした(例えば、ブランドロゴを印字した名刺を用いての挨拶場面を想定)。

4) 貼付先スペースとの関係

図2のとおり、「横型」「縦型」の2種類を用意し、貼付先との関係で適宜選択できるようにした。

なお、当社としては、前述のとおり、「Hybrid」を前面に出して営業していく予定であるので、ロゴにおける文字/ロゴ全体の比率が大きくなる「横型」を使用することを基本形としている。

2.2 宣伝文句など

経緯などの詳細は割愛させてもらうところ、マーケティング分析から以下の文句などを用いることとした。

2.2.1 「世界初」

グラスライニング本来の機能である耐食性以外の機能を有したガラス(機能性ガラス)を製品化している日本、欧州のグラスライニングメーカーにおける2021年12月時点でのWeb情報に基づき当社が調査したところ、異なる機能性ガラス層からなるハイブリッドグラスライニング製品は当社のみであった。そこで、当該製品である「HybridGL」を「世界初」と表記することにした。

なお、本ブランディングに取り組む前は、例えば「業界初」と表記したことがある³⁾。しかしながら、「業界初」だとその業界の範囲が国内のみなのかなどのわかり難い点を有すること、また、「世界初」の方がインパクトが強いことから「世界初」を採用した。

また、不正競争防止法の観点から「世界初」を記す場合は、その根拠に関して注釈を入れるようにしている。

2.2.2 「グラスライニングは、ハイブリッドの時代に」

図3に「HybridGL」の広告例を示す。2.1.1項「1) 製品及び市場の理解・記憶・売上」で記した



図3 「HybridGL」の広告サンプル

とおり、当社は「HybridGL」を前面に押し出そうとしている。それ故、「HybridGL」ロゴを中心に据えているところ、これに「グラスライニングは、ハイブリッドの時代に」を書き添えることで、「ハイブリッド」を強調すると共に、ハイブリッド型のグラスライニングに時代が変わろうとしている（変わってきている）ことを読み手に感じ取ってもらうようにした。実際の受け止めは、例えば「グラスライニング業界にもハイブリッドというトレンドの波が来たのだろうか」「GLトップメーカーの神鋼環境ソリューションが言っていることなので信憑性はあるのであろうが、どの程度のうねりの時代変化なのか」などとまちまちであろうが、周知化フェーズの初期である現段階としてはグラスライニングに関してキーワード「ハイブリッド」と結びつけて何らか認識してもらえれば広告の効果としては御の字である。

グラスライニングが次世代型に変わろうとしていることを広告以外でも表現するようにした。図4は当社が提供中のグラスライニングの一覧を示すものであり、現在の当社Webなどで採用しているものである。図4ではその中心から渦巻状に時代の変遷を示している。当社のグラスライニング製品事業は、株式会社神戸製鋼所の琺瑯部門が1946年に琺瑯製品の製造を開始したことに端を発するところ、図4のとおり当社事業史というスパンで見て「HybridGL」は新時代のGL製品である。

以上のごとく、グラスライニング界における潮流の変化をメッセージやデザイン表現により顧客らに理解してもらおうとした。

2.3 ブランドストーリー

図5に「HybridGL」のブランドストーリーを示す。

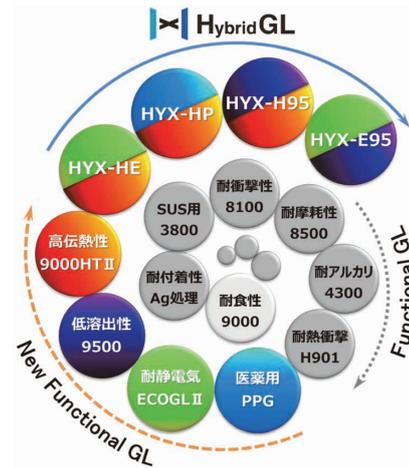


図4 当社が提供中のグラスライニング

本質的価値	素材産業の発展に寄与する化学プロセス機器の提供
目指す未来	お客様への納品を通じた「社会と地球が調和する未来」
やるべきこと	「品質向上」「生産性向上」「安全性向上」「環境負荷低減」等の複数課題の解決に寄与すること

図5 ブランドストーリー

ここでも経緯などの詳細は割愛させてもらうとして、ブランドストーリーにつき当社が気をつけた「テクニカル」な点を以下に記す。

2.3.1 対ステークホルダ

ブランディングの客体である顧客をはじめとするステークホルダ側からすると、モノやサービスの価値だけではなく企業の志や社会に対する意義のある活動をしているか否かがブランド選択に大きく影響するとの考えがある¹⁾。当社としてもその考えを支持し、「志」「社会的意義」の要素を本ブランドストーリーに組み込むようにした。ここで、「志」については、現に「HybridGL」製品で提供している価値、提供していく価値を鑑みて「本質的価値」と表記している。また、「社会的意義」については「目指す未来」で表現している。

さて、「本質的価値」「目指す未来」では次の1)、2)項のとおりステークホルダのできるだけ多くの方々に関係してくるよう配慮した。ただ、これらのうち2)項については本ブランドストーリーにておおむね表記できているところ、1)項についてはそうはなっていない。この点については、顧客らとの実際のコミュニケーションの中で伝えていく予定である。

1) 本質的価値

①当社顧客への貢献

「HybridGL」製品のうち例えば「HYX-HE」などが有する「高伝熱性」(加熱・冷却時間の短縮によ

るエネルギー低減)などのごとく、当社の顧客である素材メーカー自身の製造工程に貢献する。

②当社顧客にとっての顧客への貢献

例えば「HYX-H95」が有する「低溶出性」(ex. 金属イオンの低溶出化を図ることで、素材メーカーの販売先、特に半導体製造事業者における生産技術課題の一つである金属コンタミネーションの低減を図る)などのごとく、当社顧客の先にある顧客への貢献を見据えて本ブランドストーリーを設定した。

2) 目指す未来

「目指す未来」では、前項1)より更に先を見据えて、エンドユーザとしての生活者、「社会」、そして、これらの生活環境の場である「地球」を含めるようにした。

2.3.2 対社員

ブランディングの主体である当社社員にとっても意味を持つブランドストーリーとなるようにした。例えば、本ブランドストーリーにおける「本質的価値」では、元々、HYXが「多品種・少量生産」に適応した製品を狙って開発されたものなのでこの旨を掲げた案もあったが、最終的には「素材産業の発展」を選択した。高い視座に立つことで社員の意識が一層高まると考えた。

2.3.3 接する方の理解を深めるストーリー立て

①「HybridGL」(「HYX」)がそもそも提供してきた価値、これからも引き続き提供していく価値(=「本質的価値」)が何で、②「HybridGL」が今後目指すべき未来(=「目指す未来」)が何であり、③だからこそ当社が今やるべきこと(=「やるべきこと」)が何か、とストーリー立てしておくことは、話し手(当社)にとっては話しやすく、聞き手(ステークホルダ)にとっては理解を深められる要素になるものにとらえている。故に、これら各要素は単独で用いるより、ブランドストーリーを形作る一連のものとして3点1セットで顧客とのコミュニケーションに活用していく予定である。

2.4 企業理念との関係

本ブランドストーリーの「目指す未来」における「社会と地球が調和する未来」は当社の企業理念でもある。これは、事業部が目指している未来は本来的にその企業が目指している未来であるべき(ベクトルまで一致させずとも少なくとも方向性は一致させるべき)との考えによるところではあるが、「ブランドストーリー」=「企業理念」とした思い(狙い)に触れておく。

2.4.1 周知化フェーズ・信用化フェーズとは

ブランディングは大きく周知化フェーズ→信用化

フェーズをたどるところ、

周知化フェーズは、

①周知化活動

②「ファン」を作る、増やす、熱烈化させる活動を伴う段階であり、

信用化フェーズは、

③その「ファン」や熱烈化した「ファン」の、期待に応える、それまでに築いてきた信用を裏切らない

④期待に応えること、信頼を裏切らないことを限りなく続ける

が求められる段階であるにとらえている。

2.4.2 信用化フェーズの邁進のために

前記2.4.1項のごとく「周知化フェーズ」「信用化フェーズ」をとらえるならば、企業としては、役員・社員(以下社員らという)が前記2.4.1項の①~④、とりわけ③④に取り組めるよう準備をすべきではないかと考えた。つまり、①よりも②、②よりも③、③よりも④と高次になるに従い、社員らには何をしたら良いのか戸惑うことが生じるのではないかと思われたので、そうならないよう準備すべきと考えた。準備として十分かどうかはさておき、当社としては、社員らには何らかの情報やルールという以上に、揺るぎない価値観の設定が必要に思われた。当社にとっての「揺るぎない価値観」は企業理念である。それ故、当社(本ブランディングの企画者)としては「ブランドストーリー」=「企業理念」とすることがうってつけに思えた。表現を変えれば、企業の「憲法」たる企業理念(これを支持する資料¹²⁾)をブランドストーリーに組み込むことで、社員らが社内規則(≡「法律」「条令」などに相当)に原則縛られず、ブランディングに邁進できるよう配慮した。

3. 今後の課題として思うこと

前章にて「HybridGL」のブランディングにおける周知化フェーズに向けての準備につき当社が気をつけたことを記した。当社は本ブランディングのスタートを切ったばかりであって、当該準備が十分であったかどうかは現時点ではわからない(ブランディングの経験が乏しい故に、きっと反省点が今後多々出てくるであろう)。だが、仮に十分であったとしても、「ファン」を作れない、「ファン」が離れてしまうようではブランディングは失敗であるし、逆に、筆者の属する企画部門の準備が十分でなかったとしても、当事業部の志が1つにまとまっているなどの理由から「ファン」を増やし、保ち続けることができれば事業部としてはブランディングに成功

したと言ってよいように思う。だから、準備における「テクニカル」な面の云々よりブランドストーリーや企業理念をその企業の社員らが重々理解し、自勝手に落とし込めることの方が重要に思うのである。

さて、この社員らへの企業理念の理解・落とし込みという点で当社が見倣いたいと思っている他社の1つとしてサントリーホールディングス株式会社がある。サントリーグループの約束として「水と生きる」を表明されている。筆者は当該約束が同社事業の根幹に係り、多くの人・社会・国にとって関心のある「水」、平易な言葉だが同社の強い覚悟を感じさせる「生きる」の言葉を選択されている点にまず興味を覚えた。同社のWebを閲覧すると、当該約束の意味するところを企業理念のページ¹³⁾にて実に明快にわかりやすく表現されており、同社の志や価値観などを理解することができた。また、「『サントリー天然水の森』活動」「水育(みずいく)」、ずっと水と生きていける未来を実現させるための「『2030年環境目標』制定」、「水と生きる」の実現のための「社会との対話」など、同社及び同社グループ(以下単にサントリー社という)の社員らが理念を実践されてこられたことも理解することができた^{14) 15)}。

サントリー社の例で特筆したいことは、①企業理念の表明に留まらず、その理念の実現に向けた実践という事実が「ファン」を作る、増やす、熱烈化させる要因になり(つまり、「周知化」(2.4.1項参照)、また、その事実が積み重なって長い歴史を伴うことで「信用化」(2.4.1項参照)に繋がりうること。②(これは筆者の想像だが)「信用化」に繋がった背景として、実践に関する企画・言動が社内外から共感を得、称賛され、そのことを駆動力として次なる社員らの企画に結びつくという好循環を生み出す文化がサントリー社にはあるのではないかと、ということ。

では、当社がブランディングに取り組み始めたに過ぎない企業に終わるか、サントリー社のごとくブランディングに成功した企業になるか。是が非でも後者となるべく、当社においても「好循環」が生まれるようにしたい。その為には、社員らが愚直に本ブランディングに取り組む(具体的には本ブランドストーリーを実践する)。顧客らの声を社内で共有化する。また、係る社員らの言動を高く評価する制度、称賛する文化を作る。これらのことが課題になってくのではないかと思料する。

む す び

株式会社化学工業日報社は2022年6月24日付けの

同社新聞において「ブランド戦略で企業価値を高めよ」と題する社説¹⁶⁾を掲載されておられる。次はその締め括りの文である。

「ブランド戦略は、消費者のみならず、多くのステークホルダーの関心を引きつけるなど、企業のさらなる成長に結びつく。ただブランディングにかかる費用や時間がない、ノウハウや経験がないなど、なかなか踏み出せない企業も多い。しかしターゲットやコンセプトを明確にし、市場で確固たるブランド・アイデンティティを確立することができれば、多くのメリットを享受できるだろう。」

当社も「なかなか踏み出せない企業」の1つであったところようやくその一步を踏み出した。ノウハウや経験を積まれた先輩企業での取り組みを見倣ってブランド戦略の実行によりそのメリットを享受していきたい。

本ブランディングに当たっては社内外の多くの方々にご協力をいただいた。ここに感謝すると共に御礼を申し上げます。

[参考文献など]

- 1) グラスライニング本来の機能である耐食性以外の機能を有したガラス(機能性ガラス)を製品化している日本、欧州のグラスライニングメーカーのホームページ情報に基づく神鋼環境ソリューション調べ。2021年12月時点において異なる機能性ガラス層からなるハイブリッドグラスライニング製品は神鋼環境ソリューションのみ。
- 2) 化学工業日報 2022年5月10日付け1面
- 3) 椿野直樹ほか、最新のグラスライニング(2018)、神鋼環境ソリューション技報, Vol.14, No.2, (2018/3), p.29
- 4) 商標登録第2711749号他
- 5) <https://www.klasic.jp/cover-story/hybrid/>
- 6) <https://rinnai.jp/econoone/plugin/>
- 7) <https://www.nedo.go.jp/hyoukaku/articles/201112kobelco/index.html>
- 8) <https://www.marianna-u.ac.jp/hospital/kanja/sinryou2/hybrid/>
- 9) <https://www.weblio.jp/>にて「ハイブリッド」を検索
- 10) 商標登録第6099697号
- 11) 薄 阿佐子、BtoBの企業ブランド向上はBtoC以上に経営的意義がある、広告会議 DEC.2021
- 12) https://www.astron-japan.co.jp/pdf/chapter_08.pdf
- 13) <https://www.suntory.co.jp/company/philosophy/#vision>
- 14) <https://www.suntory.co.jp/company/hitotoshizen/>
- 15) <https://www.suntory.co.jp/company/csr/communication/dialogue/archives.html>
- 16) <https://www.chemicaldaily.co.jp/%E3%80%90%E7%A4%BE%E8%AA%AC%E3%80%91%E3%83%96%E3%83%A9%E3%83%B3%E3%83%89%E6%88%A6%E7%95%A5%E3%81%A7%E4%BC%81%E6%A5%AD%E4%BE%A1%E5%80%A4%E3%82%92%E9%AB%98%E3%82%81%E3%82%88/>

ごみの過供給検知技術を用いた燃焼空気量制御技術の高度化

Advanced Developments in Municipal Waste Combustion by Air Control Using Waste Oversupply Detection



工藤貴洋*
Takahiro Kudo



福川宙季**
Hiroki Fukukawa



砂田浩志*
Hiroshi Sunada



藤田 淳*
Jun Fujita
技術士（衛生工学部門）



伊藤 正***
Tadashi Ito

燃焼安定化のためにはごみの定量的な供給が必要だが、不均一な性状のごみを定量的に供給することは難しい。当社はこの問題を解決するために、クレーン自動化によるごみ攪拌性能向上に取り組んできた。それに加えて今回、ごみが焼却炉に入る前に、AIによる画像認識を用いてごみの過供給を検知し、燃焼空気量を制御するフィードフォワード制御により燃焼安定化を図った。

AIによる画像認識を用いることでごみの過供給を検知することができ、本検知技術を用いた燃焼空気量制御を用いることで、CO濃度ピーク回数を45%低減することができた。

In municipal waste treatment, waste must be fed into incinerators at a certain rate in order to stabilize combustion, but this is difficult to do when waste is of non-uniform properties. To overcome the problem, the authors have been improving waste stirring performance with a “Fully Automatic Refuse Crane”. In addition, image recognition by AI is applied to detect any oversupply of waste before entering the incinerator, and feedforward-control is used to control the amount of air supply to stabilize combustion. Applying the above technologies reduced the number of CO concentration peaks by 45%.

Key Words :

流動床式ガス化燃焼炉
画像認識
AI
燃焼空気量制御

Fluidized-bed gasification and combustion furnace
Image recognition
Artificial intelligence
Combustion air control

【セールスポイント】

- ・燃焼安定化
- ・CO発生抑制

まえがき

廃棄物燃焼設備において、燃焼安定化のためにはごみの定量的な供給が必要である。一方、搬入されるごみの性状は不均一であり、これを定量的に供給することは難しい。当社はこの問題を解決するために、クレーン自動化によるごみ攪拌性能向上に取り組んできたが¹⁾、それに加えてさらなる改善の方法

を模索してきた。今回、新たなアプローチとして、燃焼空気量の制御に着目し、ごみが焼却炉に入る前に人工知能（AI：Artificial intelligence）による画像認識を用いてごみの過供給を検知し、フィードフォワード制御により燃焼安定化を実現する技術を開発した。本稿では、当社が建設した流動床式ガス化燃焼炉の施設に導入したごみの過供給検知技術

*環境エンジニアリング事業本部 環境プラント事業部 プロポーザル部 設備改善推進室

**技術開発センター 技術開発部 基盤技術室

***環境エンジニアリング事業本部 環境プラント事業部 プロポーザル部

(ODT：Oversupply Detection Technology) と燃焼空気量制御技術の概要および運転結果について報告する。

1. 過供給検知技術を用いた燃焼空気量制御の概要

1.1 過供給検知手法

図1にごみの過供給検知装置の概略図を示す。試験対象の流動床式ガス化燃焼炉(表1)は、給じんコンベヤ(エプロンコンベヤ)からシール機を介して、焼却炉にごみを供給する。今回開発した過供給検知装置は、給じんコンベヤのヘッド部にカメラを設置し、コンベヤからシール機へ落下する直前のごみを撮影する(図2)。撮影した画像から、AIによりごみ領域を認識し、そのごみ領域のピクセル数をごみ量として出力する。

ごみ領域の判断には、画像認識AI技術の1つであるセマンティックセグメンテーション(以下、セグメンテーションと記載)を採用した。セグメンテーションとは、画像に写る対象物をピクセル単位で識別するディープラーニングのアルゴリズムのことである。あらかじめごみ領域を示した教師データを作成し、教師あり機械学習を行うことで、セグメンテーションモデルを構築することができる。画像内

表1 試験対象施設概要

処理方式	流動床式ガス化燃焼炉
処理能力	46ton/24h×3炉
排ガス冷却方式	ボイラ+水噴射式
排ガス処理方式	バグフィルタ+脱硝反応塔

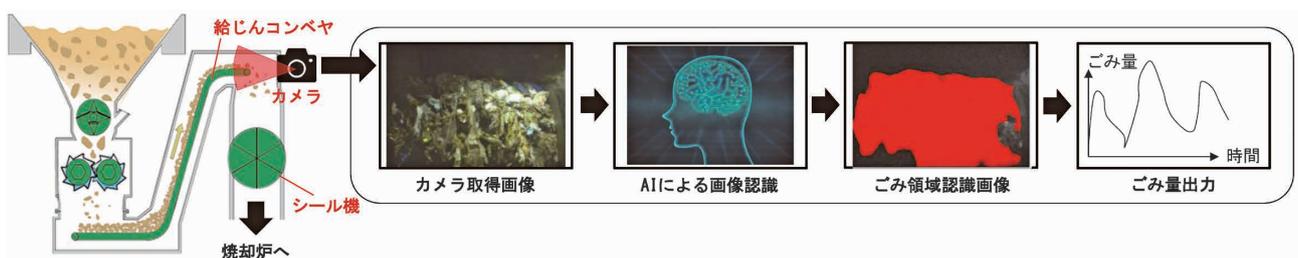


図1 ごみの過供給検知手法の概要



図2 カメラ設置状況

の「ごみ」「コンベヤ」「背景」を認識クラスに設定し、教師データ約500枚を作成した(図3)。カメラで撮影する位置では、カメラ前方の窓への粉塵の付着や、照明強度やカメラ設置位置の変化等、教師データで使用した画像の撮影環境から大きく変化した場合に、ごみ領域検出精度の悪化が懸念される。これに対しては、モデルの学習フェーズでData Augmentationと呼ばれる教師データの増強手法を適用した。教師データの画像に対して輝度変換・ぼかし・平行移動・スケール変換等の処理を施した画像を新たに作成し、教師データとして増強して学習することで、各種変動が起きても頑強にセグメンテーションできることが期待できる。

ごみ量の計測結果に対して、閾値判定によりごみの過供給を判断し、分散制御システム(DCS：Distributed Control System)へ過供給検知信号を発報する。

ごみ量と炉出口O₂濃度の関係を図4に示す。ごみ量の一次的な増加の後、炉出口O₂濃度の低下が見られた。ごみ量の増加が2回見られるが、それぞれ一定の間隔の後、炉出口O₂濃度の低下が見られる。炉内に供給されるごみ量が増加し、ごみの過供給が生じることで燃焼空気が消費されるために炉出口O₂濃度が低下したと考えられ、本過供給検知装置を用いることでごみの過供給を燃焼する前に検知できることが示唆された。

1.2 過供給検知技術を用いた燃焼空気量制御

流動床炉はストーカ炉と比べて燃焼速度が速い特性を持つ。発電量制御が容易、緊急時の炉の停止を安全に行うことができるなどの利点があるが、ごみ

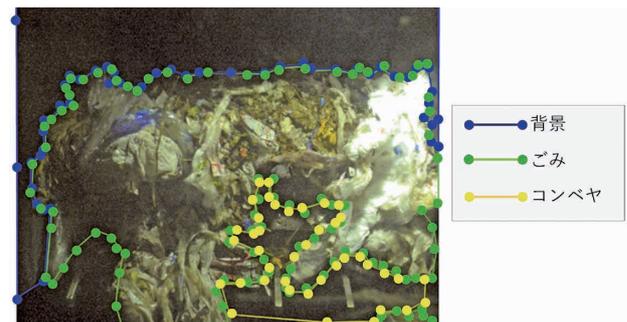


図3 教師データ作成の一例

の過供給が生じた場合、特に低空気比運転時は炉内O₂濃度不足となりCOピークが発生しやすい傾向がある。今回開発したシステムでは、過供給検知装置でごみの過供給を事前に検知し、適切なタイミングで燃焼空気を制御することで、燃焼安定化の実現を目指した。

ODTを用いた燃焼空気量制御の一例を図5に示す。ごみ量の増加を検知した後、適切なタイミングで二次空気量を増加させることにより、炉出口O₂濃度の低下を抑え、COピークの発生を抑制することができた。

2. 過供給検知技術を用いた燃焼空気量制御の運転結果

ODTを用いた燃焼空気量制御の評価のために、従来制御時とODTを用いた制御時の煙突CO濃度が40 ppm以上となったピーク回数とその期間の空気比を比較した(表2)。CO濃度ピーク回数は従来制御時を1として比較した。なお、評価期間は24時間とした。

従来制御に比べて、ODTを用いた制御では、同程度の空気比において、CO濃度40 ppm以上となったピーク回数が45%低下しており、安定燃焼化を

表2 CO濃度ピーク回数と空気比

	従来制御	ODTを用いた制御
40 ppm以上のCO濃度ピーク回数[-]	1	0.55
空気比[-]	1.39	1.43

実現できることが分かる。

むすび

AIによる画像認識を用いることでごみの過供給を検知することができた。また、ごみの過供給検知技術を用いて燃焼空気量を制御することでCO濃度ピーク回数を45%低減できることを確認した。今後は、1年間の長期試験を行い、季節によるごみの変動に対しても適応する予定である。

本技術は、既設の焼却炉に対して大きな改造を伴わない。さらに汎用性の高いシステムを構成し、実証施設以外の施設への横展開を進めていく所存である。

[参考文献]

- 1) 福川宙季ほか：ごみクレーン動作計画自動化技術、第43回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集(2022)、p141-143

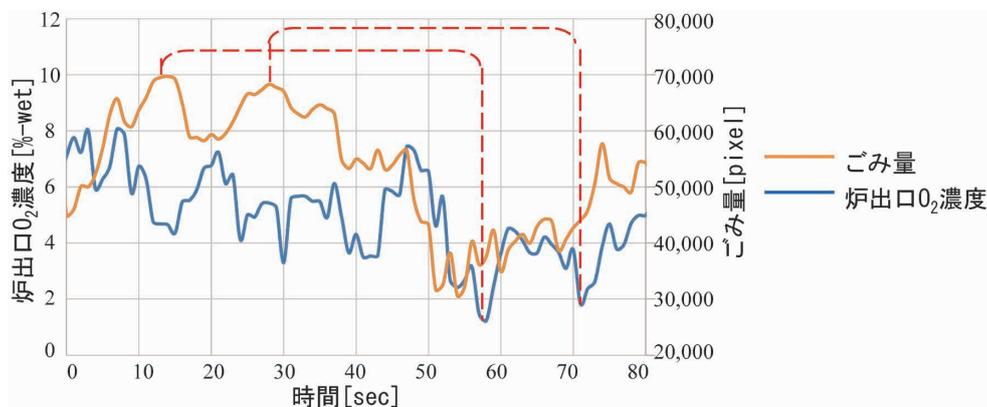


図4 ごみ量と炉出口O₂濃度の関係

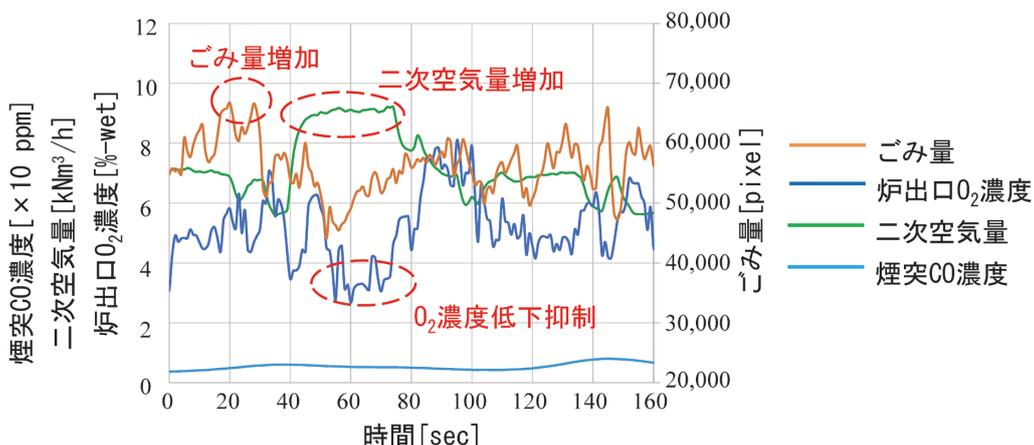


図5 燃焼空気量制御の一例

高砂市「エコクリーンピアはりま」の竣工 ～回転ストーカ式ごみ焼却炉における低空気比運転～

Introduction to Eco cleanpeer Harima in Takasago City

-The Rotary Combustor under low air-ratio combustion in municipal waste treatment-



鈴木崇之*
Takayuki Suzuki



梶原吉郎*
Yoshio Kajihara
技術士（衛生工学部門）



藤田 淳*
Jun Fujita
技術士（衛生工学部門）



奥住宣裕**
Nobuhiro Okuzumi

当社の主要製品メニューである回転ストーカ式ごみ焼却炉（以下、回転ストーカ炉）は、回転火格子による三次元的な攪拌と閉空間における火炎渦により、多種多様な廃棄物に対応出来る高い燃焼性能を有するほか、独自の水冷式火格子構造により耐久性が極めて高いという特長を有する。

2022年5月末に高砂市で竣工した「エコクリーンピアはりま」にて回転ストーカ炉の低空気比運転を実施し、空気比1.2においてCOピーク（50 ppm以上）を発生させず、平均NOx濃度40 ppm未満での安定運転を実現した。

The Rotary Combustor, which is our major product, is able to handle a wide variety of waste through three-dimensional stirring combustion with a rotating grate and a flame vortex in a closed space. The Rotary Combustor is characterized by extremely high durability due to its water-cooled grate structure. The authors conducted operation of the Rotary Combustor at a 1.2 air ratio and achieved stable operations, with an average NOx concentration of less than 40 ppm and without CO peaks of more than 50 ppm, at Eco cleanpeer Harima in Takasago City.

Key Words :

回転ストーカ式ごみ焼却炉
低空気比燃焼
低NOx

Rotary Combustor
Low air ratio combustion
Low NOx

【セールスポイント】

- ・回転ストーカ炉は円筒形のボイラ水管壁構造であり、燃焼性能が高く、耐久性に優れている。
- ・回転ストーカ炉は火格子の構造上、低空気比燃焼に適した炉である。
- ・低空気比運転（ $\lambda=1.2$ ）時にCOピークを発生させない安定運転が可能である。
- ・低空気比運転により発生NOxを軽減できる。

まえがき

当社は2019年1月1日に株式会社IHI環境エンジニアリング（以下、IKE）と事業統合し、IKEの保

有する技術を受け継ぐこととなった。それらの技術の一つである回転ストーカ式ごみ焼却炉（以下、回転ストーカ炉）は、その特徴的な構造により、多種

*環境エンジニアリング事業本部 環境プラント事業部 プロポーザル部 設備改善推進室
**環境エンジニアリング事業本部 環境プラント事業部 プラントサービス部 O&M 技術室

多様な廃棄物に対応できる高い燃焼性能と極めて高い耐久性を有する¹⁾。

本稿では、回転ストーカ炉の特長を述べるとともに、2022年5月末に竣工した兵庫県高砂市向け回転ストーカ施設「エコクリーンピアはりま」について紹介する。また、本施設で実施した低空気比運転についても併せて説明する。

1. 回転ストーカ炉の特長

1.1 燃焼性能

図1に回転ストーカ炉の断面図および火格子の構造図を示す。回転ストーカ炉は炉外にある駆動装置によって回転し、炉内に可動部を持たずに三次元的なごみ送りと攪拌が行われる。炉内へ供給されたごみは、1時間に1～2回程度のゆっくりとした炉体の回転と傾斜によって下流へ送られ、給じん装置側の上流から乾燥、熱分解、一次燃焼が順次進行するマス燃焼が行われる。炉壁全体が火格子であり、火格子はボイラ水管とフィンで構成されている。フィンには空気孔が設けられており、焼却炉下部の風箱から空気孔を介して炉内のごみ層底部より燃焼空気が供給され、ストーカ燃焼を形成している。

高温の一次燃焼領域と火炎渦を円筒炉内の下流側に形成することで、上流の乾燥、熱分解領域から排出される水分、熱分解ガス、余剰空気が火炎渦により効率よく混合され、安定した燃焼場が形成される。図2に回転ストーカ炉の排出側から撮影した炉内の燃焼状況を示す。

一般的に火格子を通過する空気量が低下すると火格子の温度が上昇し、腐食による減肉が大きくなるが、回転ストーカ炉は炉体を構成する水管内をボイラ水が循環することで、水管表面が高温腐食温度域より低い温度に維持されるため、空気量低減による腐食の影響を受けない。これらの特性により、回転



図2 回転ストーカ炉内燃焼の様子

ストーカ炉は低空気比燃焼に適した炉であると言える²⁾。また、炉体の回転によるごみ送りは、ごみの反転と左右方向への移動を伴うことで火格子上でのごみ分布を均等に維持し、さらにゾーン毎の高度な空気量制御により安定燃焼を実現している。

1.2 耐久性

前述のとおり回転ストーカ炉本体は炉壁を構成する水管内にボイラ水が循環しているため、炉壁は一定温度に保たれており、低温腐食（約150℃以下）と高温腐食（約350℃以上）環境から保護される。また、炉体の回転が極めて遅いため、ごみは水管上で摺動することなく、水管と一体となって持ち上げられ、その後、堆積したごみの上を転がり滑る。そのため、摩耗による減肉の影響はほとんどない。このように回転ストーカ炉は鋼製炉壁でありながら、構造上腐食と摩耗の両面を回避しており、優れた耐久性を発揮する。

図3は15年間稼働した回転ストーカ炉水管壁をサンプルしたものである。割れや減肉等は生じておらず健全性を維持しており、減肉速度は0.02～0.1mm/年とライフサイクルを通じた耐久性を証明している。

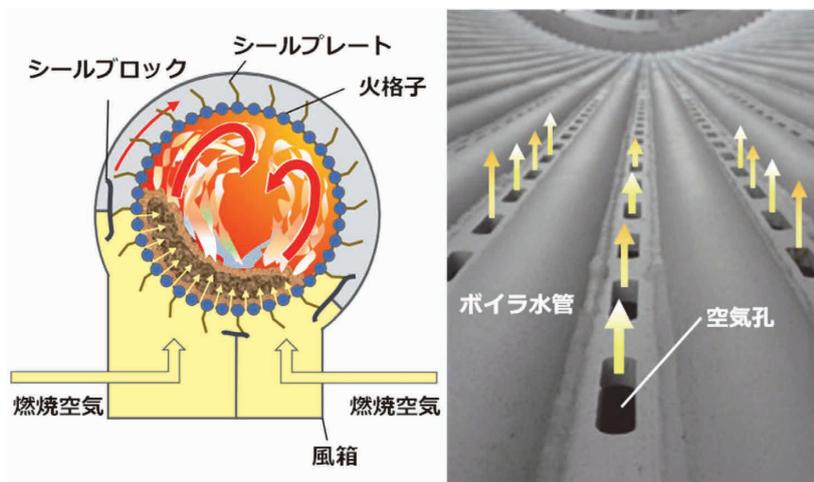


図1 回転ストーカ炉断面図（左） 火格子構造図（右）

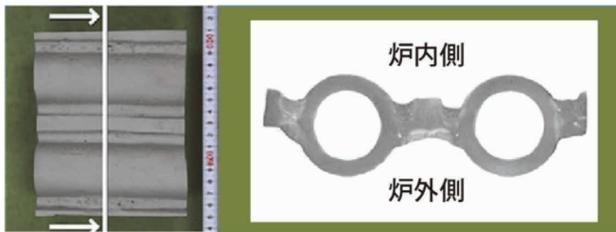


図3 15年間稼働した回転ストーカ炉火格子

2. エコクリーンピアはりまにおける低空気比燃焼

2.1 施設概要

エコクリーンピアはりまは、2022年5月末に兵庫県高砂市にて竣工し、2市2町（高砂市、加古川市、稲美町、播磨町）のごみを処理している。

本施設の設備概要を表1、設備フローを図4に示す。本施設では処理量143 t/日の回転ストーカ炉を3基有しており、回転ストーカ炉、後燃焼ストーカ、二次燃焼室、廃熱ボイラ、エコノマイザ、バグフィルタ、触媒反応塔により構成されている。また、不燃・粗大ごみ処理施設も併設されており、不燃・粗大ごみの処理と資源物の回収を行っている。

本施設にて回転ストーカ炉の特長を生かし、設計空気比1.3およびそれよりも低い空気比での運転を行ったので、次にその結果を紹介する。

表1 設備概要

可燃ごみ処理施設	
処理量	429 t/日 (143 t/日×3炉)
炉形式	連続運転式回転ストーカ炉
発電設備	蒸気タービン (発電量: 12 000 kW)
燃焼ガス冷却設備	廃熱ボイラ (400℃×4 MPa)
排ガス処理設備	ろ過式集じん, 触媒脱硝 乾式処理 (活性炭, 重曹噴霧) 排ガス再循環
不燃・粗大ごみ処理施設	
処理量	34 t/日
破碎設備	一次破碎機, 二次破碎機
選別設備	磁選機, 不燃・粗大系アルミ選別機 可燃残渣・不燃残渣選別機

2.2 低空気比運転について

2.2.1 低空気比運転結果 ($\lambda = 1.3$)

本施設では炉内の条件を模擬した燃焼シミュレーションを実施し、低空気比運転時 ($\lambda = 1.3$) における最適な燃焼条件を検討した結果、回転ストーカ炉直後に再循環排ガスを吹込み、そのすぐ下流側に二次空気を旋回状に吹き込む形式を採用した。この燃焼条件におけるシミュレーション結果を図5に示す。なお、二次空気の吹込み量は、過熱器出口 O_2 濃度が一定となるよう自動制御している。回転ストーカ炉内での攪拌 (I), 炉出口の循環排ガスによる混合・攪拌 (II), 旋回状の二次空気による攪拌 (III) の三段階の混合攪拌により二次燃焼室内で完全燃焼

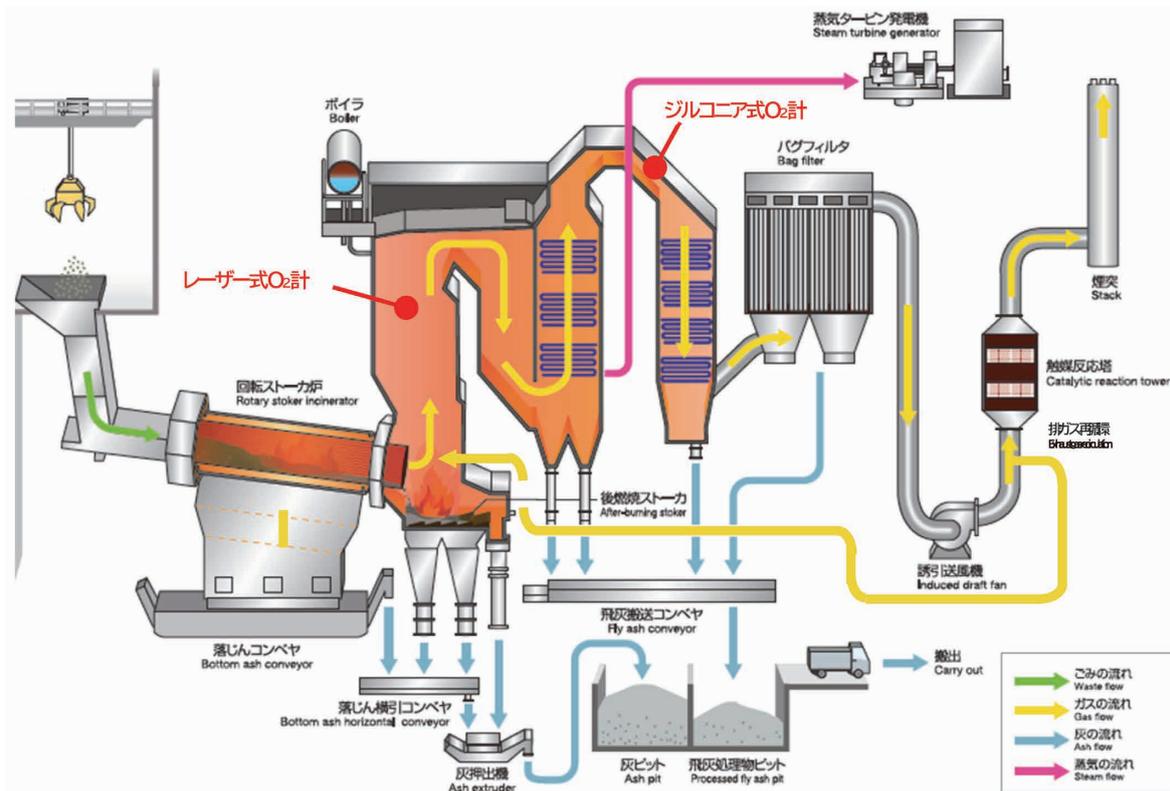


図4 設備フロー図

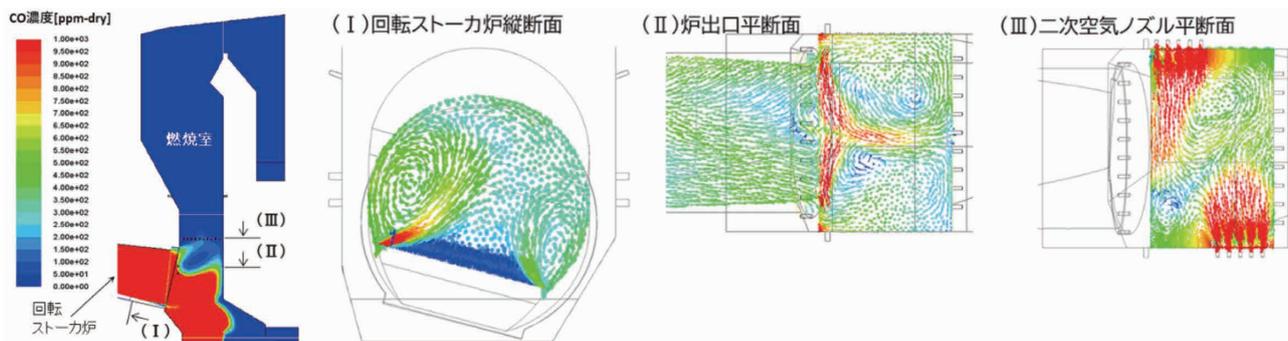


図5 燃焼シミュレーション

していることが確認できる。

図6に上記の燃焼条件を適用した通常運転中（空気比： $\lambda=1.3$ ）のトレンドデータを示す。なお、この時は炉内の O_2 濃度制御は過熱器出口に設置したジルコニア式 O_2 計を用いた。

図6に示すとおり、この期間の平均 O_2 濃度は3.9%wet（ $\lambda=1.3$ 相当）であり、COピーク（50 ppm以上）は一度も発生せず低濃度を維持していた。また、この時の NO_x 濃度は平均48.8 ppm（最大66.0 ppm、最小32.0 ppm）であった。

2.2.2 低空気比運転結果（ $\lambda=1.2$ ）

燃焼室出口（ボイラ1パス）に設置したレーザー式 O_2 計を用いて、さらなる低空気比運転を行った。その結果を図7に示す。

ジルコニア式よりも応答性に優れたレーザー式を用いることで燃焼状態の変化に応じた迅速な二次空気量の制御が可能となった。この期間の過熱器出口 O_2 平均濃度は2.7%wet（ $\lambda=1.19$ 相当）まで低減したが、変動幅が縮小し、COピーク（50 ppm以上）は一度も発生せず、安定燃焼を維持できている。設計値（ $\lambda=1.3$ ）を下回る空気比のため排ガス循環量が不足気味であり、二次燃焼室温度は1000℃近くまで上昇しているが、平均発生 NO_x 濃度は37.7 ppmに抑制できている。

図8に、ある期間中の空気比と二次燃焼室温度、BF出口 NO_x 濃度の日平均の相関図を示す。空気比の低下に伴い二次燃焼室温度は上昇し、 NO_x 濃度が低下している。空気比1.25未満では発生 NO_x 濃度は40 ppmを下回るが、空気比低下による NO_x 濃度の低減効果が小さく見える。排ガス循環量を増量し、燃焼室温度を低減できれば、さらに NO_x 濃度が低減する可能性がある。

むすび

本稿では回転ストーカ炉の特長やエコクリーンピアはりまの施設を紹介した。また、本施設で燃焼シミュレーションから導かれた最適燃焼条件における

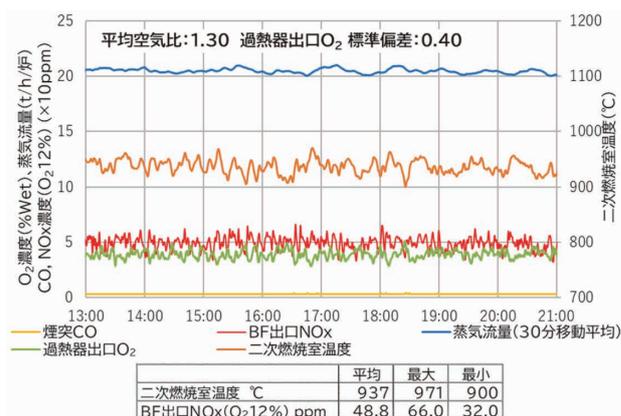


図6 低空気比運転トレンド（ $\lambda=1.3$ ）

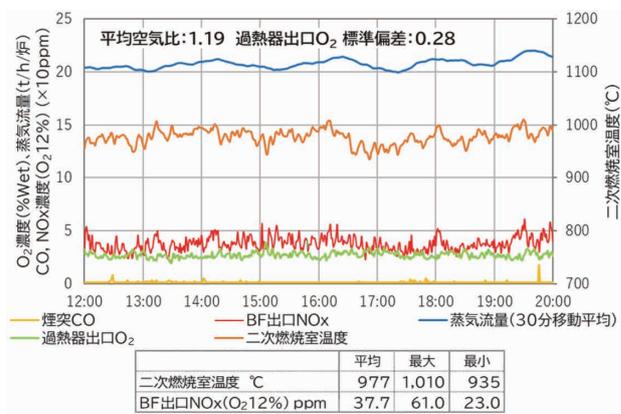


図7 低空気比運転トレンド（ $\lambda=1.2$ ）

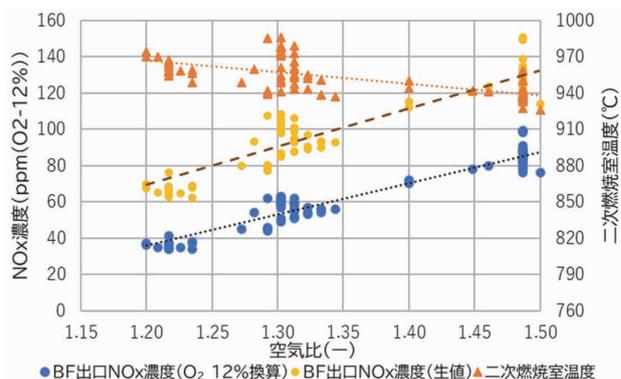


図8 空気比-二次燃焼室温度、 NO_x 濃度相関図

低空気比運転の結果、以下の知見を得た。

- ・回転ストーカ炉内での攪拌、炉出口での排ガス再循環による混合攪拌、旋回状の二次空気による攪拌の三段階の混合攪拌がCOピーク発生抑制に効果的である。
- ・三段階の混合攪拌に加えO₂濃度制御にレーザー式O₂計を用いることで、空気比1.2においてCOピーク（50 ppm以上）を発生させずに安定運転が可能である。
- ・空気比低減に伴い発生NO_xが低減し、空気比1.25未満では40 ppm（O₂ 12 %換算）未満まで低減することが確認された。同時に空気比低下によ

る発生NO_xの低減効果が小さくなる傾向も見られたが、排ガス循環量の増量等による燃焼室温度の低減によって、さらにNO_x濃度を低減できる可能性がある。

燃焼方法に関し多大な助言を頂きました日本環境衛生センター様、低空気比運転にご協力頂きました高砂市様に心よりお礼申し上げます。

[参考文献]

- 1) 成澤道則：神鋼環境ソリューション技報 vol.15 No.2, (2019/3)
- 2) 鈴木崇之，他：第42回全国都市清掃研究・事例発表会 講演論文集，pp.167-169, (2021)

双曲面形攪拌機 PABIO Mix I 型（高効率）の建設技術審査証明取得

High Efficiency Type I PABIO Mix Hyperboloid Mixer Obtains Construction Technology Review and Certification



長谷川健太*
Kenta Hasegawa



一色圭佑*
Keisuke Isshiki
工学博士



井尻智之*
Tomoyuki Ijiri
技術士（上下水道部門）



林 広高*
Hiroataka Hayashi

PABIO Mix は双曲面形状をした低動力で維持管理性に優れた攪拌機で、下水処理場の反応タンクの攪拌に使用される。本装置は、攪拌に必要な動力が小さく、設置やメンテナンスが容易なことが評価され、2011年に攪拌翼が一体構造のI型の建設技術審査証明を取得している。2018年には、開口部の大きさに制限のある既設反応タンクに設置可能な、攪拌翼が分割構造のII型の建設技術審査証明を追加で取得している。

今回、I型の攪拌翼形状を改良して、攪拌効率を向上させた「I型（高効率）」を実用化し、その建設技術審査証明を取得したので、紹介する。

The PABIO Mix is a hyperboloid mixer for mixing reaction tanks at sewage treatment plants. The product is recognized for requiring low power to mix fluids and being easy to install and maintain. In 2011, Type I, which has a single-body structure obtained Construction Technology Review and Certification. Similarly, Construction Technology Review and Certification was obtained in 2018 for a Type II, which has a split structure and can be installed in existing reaction tanks that only have a small opening.

In this article, we introduce a new high efficiency Type I, which is more efficient than the original Type I owing to an improved impeller structure, and the contents of its Construction Technology Review and Certification.

Key Words :

下 水 処 理	Sewage treatment
高 度 処 理	Advanced sewage treatment
攪 拌 機	Mixer
低 動 力	Low power

【セールスポイント】

- ・特徴的な双曲面形状の低動力攪拌機である。
- ・高効率型では従来型に比べ、さらに低動力で反応タンクの攪拌ができる。
- ・駆動装置がタンク上部にあるため、保守・点検が容易である。

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。下水道法では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等に、終末処理場ごとに放流水に含まれる窒素やリンの削減目標および削減方法を定めることが義務付けられている。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、地方公共団体等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CO₂の削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、当社は下水処理場の反応タンク（嫌気槽・無酸素槽）用機器として、低動力で維持管理性に優れる双曲面形攪拌機 PABIO Mix を保有し、下水処理の低動力化に貢献してきた。PABIO Mix には、攪拌翼が一体型である I 型に加え、開口部の大きさに制限のある既設反応タンクにも設置できる、分割型（II 型）がある。今回、低動力ニーズの高まりに応じ、I 型の攪拌翼形状を改良し攪

拌効率を向上させた、I 型（高効率）を開発し、建設技術審査証明を取得した。

1. 用途

PABIO Mix は反応タンク（嫌気槽、無酸素槽）の活性汚泥混合液を混合・攪拌する攪拌機であり、水深 7 m 以下の標準槽と、7 m を超える深槽のどちらの攪拌にも用いられる。

2. 構造・仕様

2.1 装置の概要

本装置の構成は、主に駆動装置、シャフト、攪拌翼であり、I 型、I 型（高効率）、II 型の全てで共通である。装置構成を図 1、2 に示す。

2.1.1 駆動装置

駆動装置は、水上部に設置されており維持管理が容易である。据付は、駆動装置ベースプレートと架台の間に防振装置を設置する。防振装置は、始動時の衝撃吸収と、運転時の振動吸収を行うためのものである。

2.1.2 シャフト

シャフトは、ステンレス製で優れた耐食性と耐久性を有する。シャフトと攪拌翼の接続はフラン

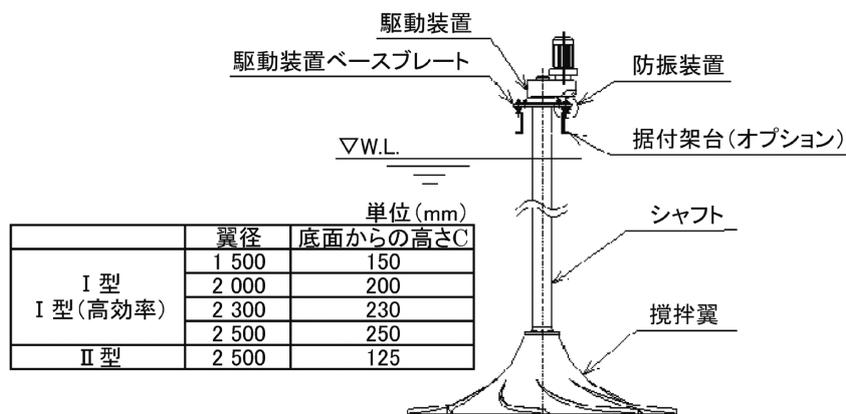


図 1 装置構成（標準槽）

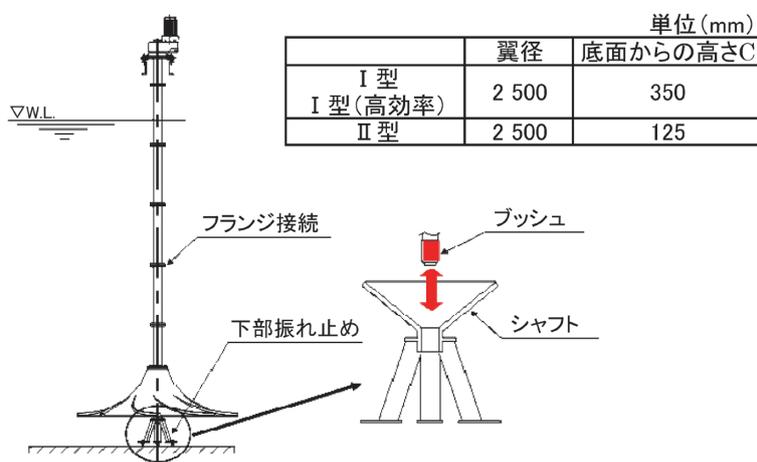


図 2 装置構成（深槽）

ジ接続である。深槽の場合は、シャフトが長い
ため、フランジ接続にてシャフトを分割する。

2.1.3 攪拌翼

攪拌翼は、FRP 製で一体型の I 型・I 型（高効率）
とジシクロペンタジエン（DCPD）製で分割型の
II 型の 2 種類があり、いずれも優れた耐食性と耐
久性を有する（表 1）。翼形状は双曲面形で、翼上
面には突起が設けられている。翼の回転により、
この突起が水に外向きの力を与え、攪拌翼に沿っ
た流れを加速する（図 3）。反応タンク内の攪拌に
おいて、底部流速 0.1 m/s 以上を確保することは、
活性汚泥の沈殿を防止するために必要不可欠であ
る。双曲面形状は、効率よく槽底部に回転方向の
流れを生成させる。さらに、PABIO Mix は槽底部
での低速回転により底部流速を確保できるため、
必要な攪拌動力が小さくなる。攪拌動力は下記の
式¹⁾によって計算される。

$$P \div K \times \rho \times n^3 \times d^5$$

ここに、P : 攪拌動力 [W]

K : 定数 [-]

ρ : 液密度 [kg/m³]

n : 回転数 [sec⁻¹]

d : 攪拌翼径 [m]

回転方向に応じて翼上部の突起が時計回り
と反時計回りの 2 種類の攪拌翼があり、攪拌機と流
入流出口の位置関係に応じて使い分ける。

1) I 型, I 型（高効率）

一体型で FRP 製の攪拌翼である。土木開口が大
きい場合に用いる。攪拌翼の大きさ（直径）は、
1 500 mm, 2 000 mm, 2 300 mm, 2 500 mm の 4
種類があり水槽条件に応じて使い分ける。

なお、審査は直径 2 500 mm の攪拌翼にて実施し、
確認したものである。

2) II 型

分割型で DCPD 製の攪拌翼である。分割搬入し
て槽内で組み立てられるため、土木開口が小さく
槽内への搬入が困難な場合に用いる。攪拌翼の大
きさ（直径）は、2 500 mm の 1 種類である。

3. I 型（高効率）の攪拌性能（標準槽）

攪拌性能（標準槽）の確認方法としては、実測
と流体解析によって行う。流体解析には CFD
（Computational Fluid Dynamics : 数値流体力学）解
析を用いる。まず、実稼働中の D 浄化センターの
設備において、底部流速が 0.1 m/s 以上であること
を確認する。次に、この設備をモデルとして流体
解析を行い、流速測定結果と流体解析の結果を比
較することで、精度の確認を行う。さらに、開発
目標の条件で流体解析を行い、底部流速が 0.1 m/s
以上であることを確認する。

3.1 実測による確認

実測を行う D 浄化センターの測定水槽形状（縦
横比 1 : 1.6, 水深 6.6 m, 容量 600 m³）と測定点
を図 4 に示す。底部流速が 0.1 m/s 以上であること
を確認するとともに、MLSS 濃度の深さ方向分布
を測定し、均一性を確認する。

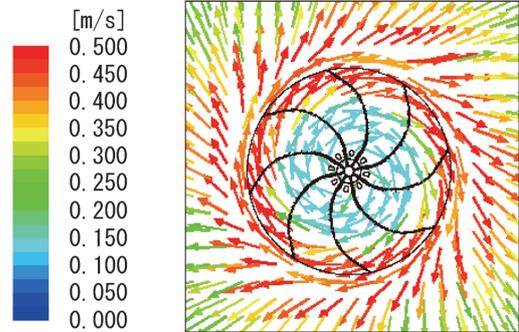


図 3 ベクトル線図

表 1 I 型, II 型, I 型（高効率）の比較

装置構成		I 型	II 型 同一 (図 1, 図 2 参照)	I 型（高効率）
攪拌翼	外観			
	構造	一体型	分割型（8 分割）	一体型
	材質	FRP	DCPD (シャフト取合部 FRP)	FRP
	翼径 (mm)	ϕ 1500, ϕ 2000 ϕ 2300, ϕ 2500	ϕ 2500	ϕ 1500, ϕ 2000 ϕ 2300, ϕ 2500

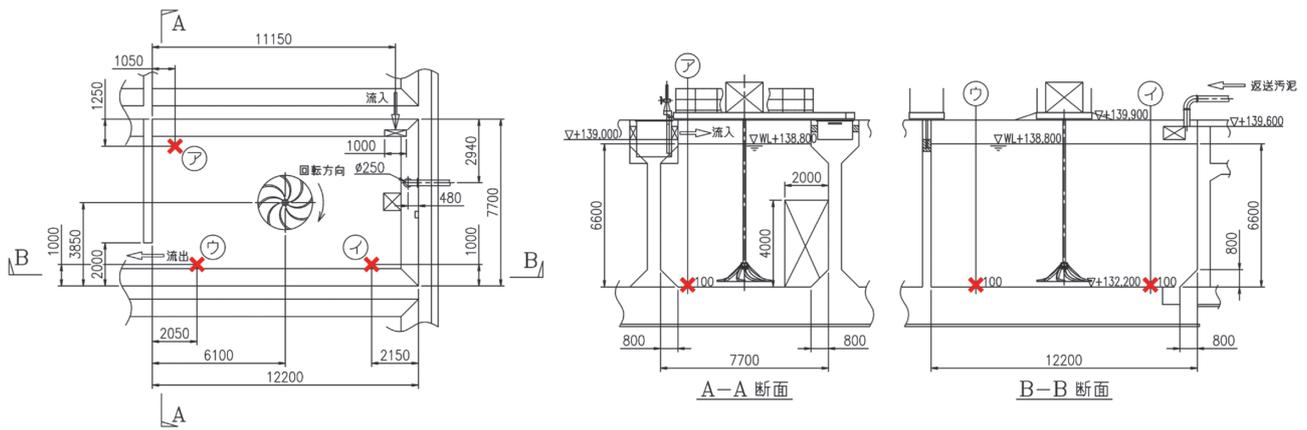


図4 D 浄化センター 測定水槽形状および測定点

表2 流体解析入力条件

		ケース1	ケース2	
槽寸法	幅	m	7.7	5.3
	長	m	12.2	16
	水深	m	6.59	6
槽縦横比	—	1:1.6	1:3	
槽容量	m ³	600	488	
流入量	m ³ /hr	449	0	
返送汚泥量	m ³ /hr	383	0	
MLSS濃度	mg/L	2 000※	5 000	
粘度	mPa・s	4.1	10.2	
密度	kg/m ³	1 001	1 002	
攪拌機回転数	min ⁻¹	13	14	
備考		精度確認 (D 浄化センターの 実測値を基に設定)	開発目標 (最大長辺長さ 最大槽容量 最大縦横比 最大槽水深)	

※D 浄化センターのMLSS濃度実測値は変動があるため、実測値に近い値である 2 000 mg/L を入力条件に採用した。MLSS濃度が実測値範囲の場合においても、密度は表2と同じ値となる。

3.1.1 底部流速

1) 測定方法

底部流速は、3次元電磁流速計で実測する。流速測定は、各測定箇所について、1秒間隔で5分間記録する。記録した3成分の流速データ (V_{xt}, V_{yt}, V_{zt}) の1秒ごとの合成流速の5分間平均値 V が 0.1 m/s 以上であることを確認する。

$$\text{合成流速: } V(\text{m/s}) = \frac{\sum_{t=0}^{300} \sqrt{V_{xt}^2 + V_{yt}^2 + V_{zt}^2}}{300}$$

攪拌機の回転数は 13 min⁻¹ とする。

2) 測定箇所

図4に示す㊦, ㊧, ㊨の3箇所を底部より100 mm 上の流速を測定する。

3.1.2 攪拌動力密度

1) 測定方法

攪拌動力密度は、クランプ式電力計を用いて消費電力を測定し、水槽容量で除して算出する。測定は、電動機1次側の電源ケーブルに電力計を設置して、消費電力量を1秒間隔で1分間記録し、1分間平均値を水槽容量で除して攪拌動力密度を算出し、2 W/m³ 以下であることを確認する。

2) 測定箇所

攪拌機の電動機1次側を測定する。

3.1.3 MLSS 濃度

1) 測定方法

MLSS 濃度は、汚泥濃度計を用いて測定する。測定は、10秒間隔で1分間記録し、各地点の1分

間平均値に大きな差がないことを確認して、均一攪拌されていることを確認する。

2) 測定箇所

図4に示す㉗, ㉘, ㉙の3箇所で、それぞれ底部より200 mm, 1 100 mm, 2 600 mm, 4 100 mm, 5 600 mmのMLSS濃度測定を行う。

3.2 流体解析による確認

3.2.1 流体解析の精度確認(ケース1)

流体解析の精度を確認するため、D浄化センターの実測結果と解析結果の比較を行う。流体解析入力条件を表2に示す。

3.2.2 開発目標条件における攪拌性能の確認(ケース2)

開発目標条件において流体解析を行い、攪拌動力密度 2 W/m^3 以下で底部流速が 0.1 m/s 以上となることを確認する。流体解析入力条件を表2に、開発目標条件の水槽モデルを図5に示す。

開発目標条件の流体解析は流入流出のない条件とする。これは流入流出による流れが加算されることによって本攪拌機の攪拌性能指標である底部流速を過大評価する可能性があるためである。実際の槽では流入流出による流れが生じるが、攪拌機が発生させる流れと打ち消し合わないよう攪拌機の回転方向および攪拌翼上部の突起の向きを決定する。

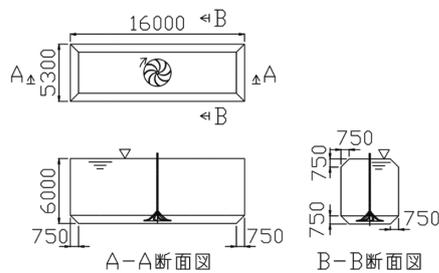


図5 開発目標条件の水槽モデル(ケース2)

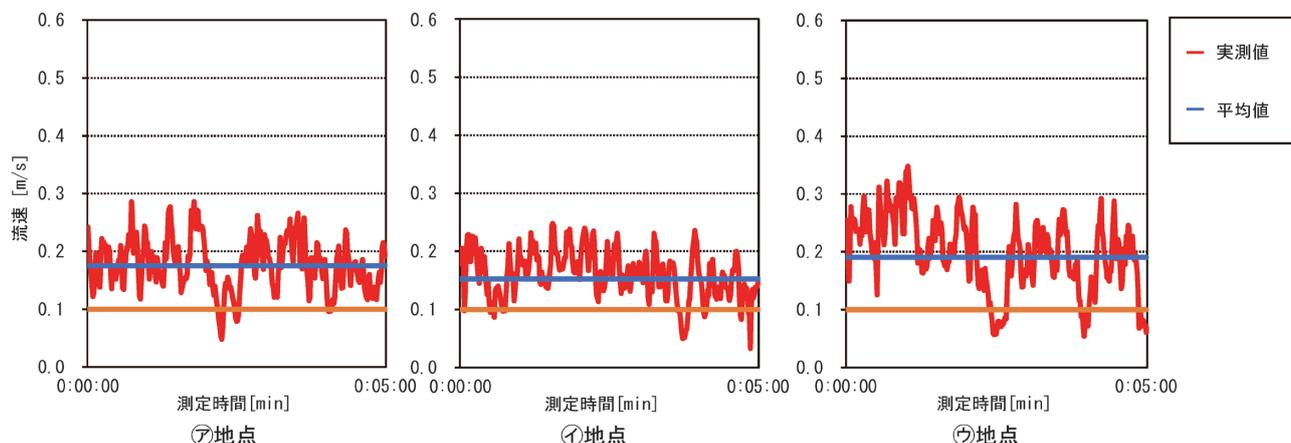


図6 底部流速測定結果(連続データ)

3.3 試験結果

3.3.1 実測による確認結果

D浄化センターにおける実測での試験結果を以下に示す。

1) 底部流速測定結果

底部流速の測定結果を図6に示す。㉗, ㉘, ㉙の各地点において、平均流速は 0.1 m/s 以上となったため、底部流速が 0.1 m/s 以上であることを確認した。

2) 攪拌動力密度結果

消費電力測定結果および攪拌動力密度算出結果を、表3に示す。この結果より、攪拌動力密度は 2 W/m^3 以下であることを確認した。

3) MLSS濃度測定結果

MLSS濃度測定結果を図7に示す。㉗, ㉘, ㉙の各地点において、深さ方向にMLSSの偏りは見られないため、反応タンク内が均一に攪拌されていることを確認した。また、MLSS濃度が $5 000 \text{ mg/L}$ 以下であることを確認した。

3.3.2 流体解析による確認結果

1) 流体解析の精度確認結果

㉗地点における流速の実測値(2回)と流体解析結果の比較を図8に、流体解析による底部流速の平面分布を図9に示す。流体解析結果では各地点の流速が色分けにより示されている。

図8から、流速実測値と流体解析値の線形は近似しており、流体解析値に比べて実測値は安全側となるため、流体解析による性能評価は問題ないことを確認した。

表3 攪拌動力密度測定結果

消費電力 (W)	水槽容量 (m^3)	攪拌動力密度 (W/m^3)
575	600	0.96

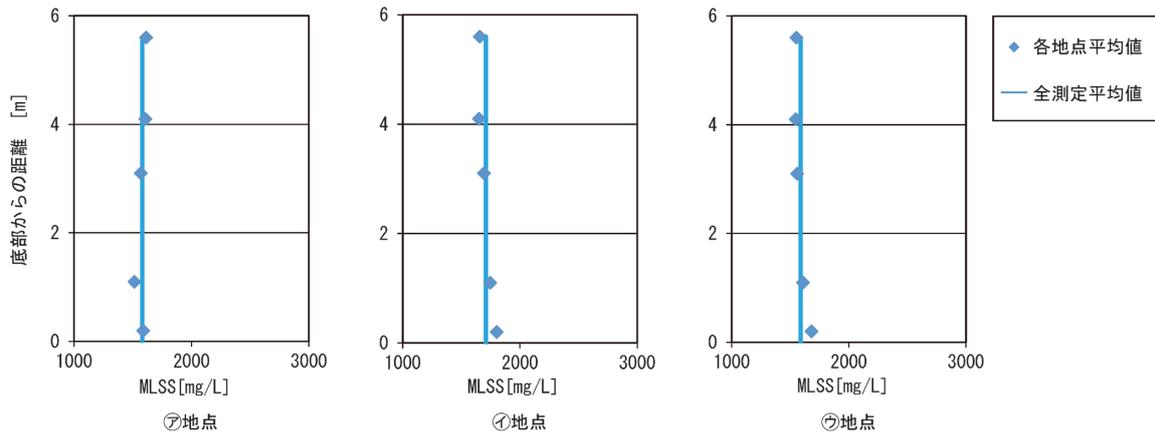


図7 MLSS 濃度測定結果

また、底部流速の実測値と解析値がおおむね一致しており、流体解析の精度に問題がないことを確認した。

開発目標条件（ケース2）における流体解析結果を図10に示す。図10より、中央の攪拌機から距離が離れるほど低い流速となっているが、最も低くなる槽の四隅において底部流速が0.1 m/s 以上と

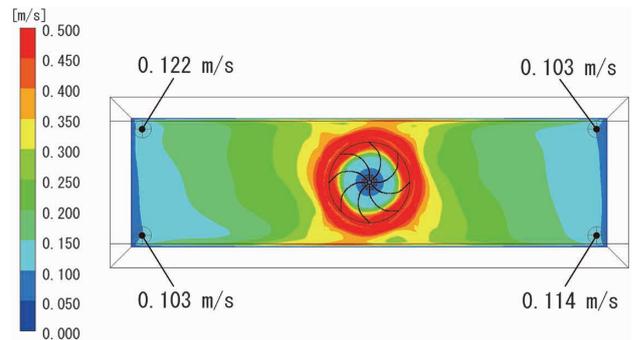


図10 開発目標条件（ケース2）における流体解析結果（底部から100 mm 高さにおける平均流速）

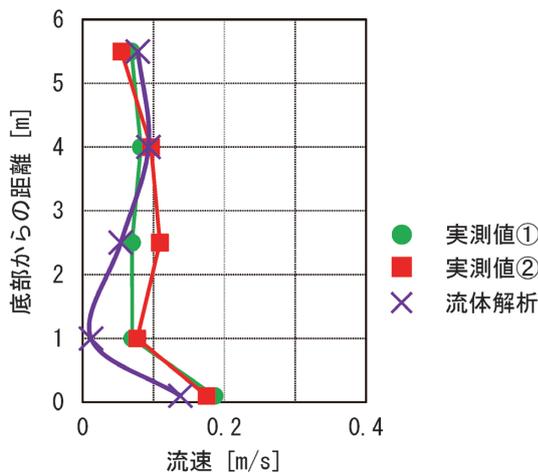


図8 底部流速の実測値と流体解析結果の比較

なることを確認した。この結果から、開発目標条件において、底部流速が0.1 m/s 以上であることを確認した。

4. I 型（高効率）の攪拌性能（深槽）

4.1 審査方法

I 型（高効率）の深槽における攪拌性能を、流体解析により確認する。流体解析は、「3. I 型（高効率）の攪拌性能（標準槽）」で使用したモデルと同じモデルを使用する。図11に示す水槽形状に対して流体解析を行い、攪拌動力密度 2 W/m^3 以下で底部流速が0.1 m/s 以上となることを確認する。流体解析入力条件を表4に示す。

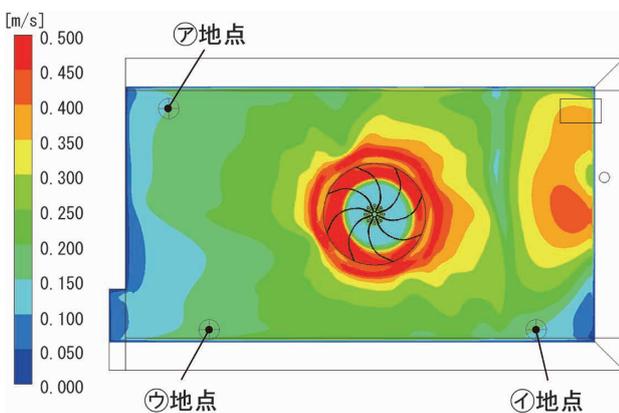


図9 D 浄化センターの条件（ケース1）における流体解析結果（底部から100 mm 高さにおける平均流速）

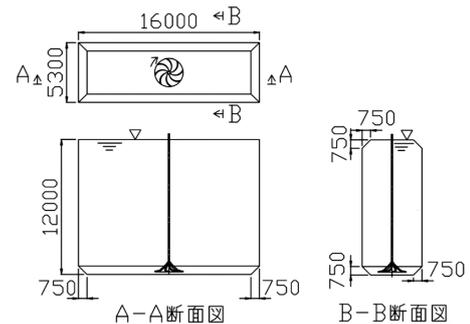


図11 開発目標条件の水槽モデル（ケース1）

表4 流体解析入力条件（深槽）

			ケース1
槽寸法	幅	m	5.3
	長	m	16
	水深	m	12
槽縦横比	—		1:3
槽容量	m ³		997
流入量	m ³ /hr		0
返送汚泥量	m ³ /hr		0
MLSS濃度	mg/L		5 000
粘度	mPa·s		10.2
密度	kg/m ³		1 002
攪拌機回転数	min ⁻¹		17
備考	開発目標 最大長辺長さ 最大槽容量 最大槽水深 最大縦横比		

4.2 試験結果

開発目標条件（ケース1）における流体解析結果について、図12に示す。図10と同様に、図12でも中央の攪拌機から最も離れた、槽の四隅において底部流速が0.1 m/s以上であることを確認した。

この結果から、開発目標条件において、底部流速が0.1 m/s以上であることを確認した。

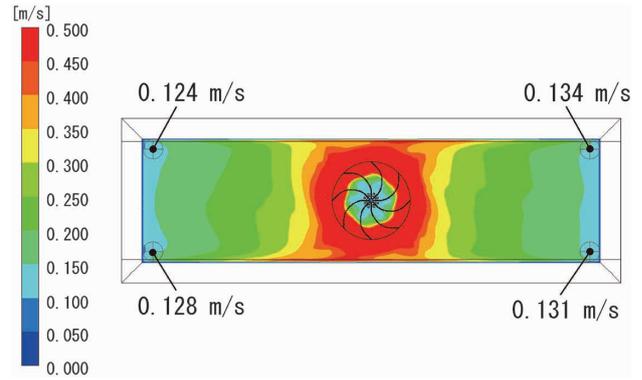


図12 開発目標条件(ケース1)における流体解析結果(底部から100 mm 高さにおける平均流速)

むすび

PABIO Mix の従来型であるI型の攪拌翼形状を改良して攪拌効率を向上させたI型（高効率）を開発し、建設技術審査証明を取得した。I型（高効率）は開発目標条件（表2、ケース2および表4、ケース1）において、底部流速0.1 m/s以上、攪拌動力密度2 W/m³以下、MLSS濃度5 000 mg/L以下を満たす機器である。

今後、I型（高効率）の性能を活かし、下水処理における高度処理と省エネ化に貢献していきたい。

[参考文献]

- 1) 永田進治：新化学工学講座，攪拌機の所要動力，日刊工業新聞社（1957），p33

食品バイオマスを用いたメタン発酵処理事業会社設立

当社は、2022年4月7日に神戸環境クリエート株式会社と共同で食品廃棄物のメタン発酵処理事業を行う特別目的会社を設立いたしました。

当社はクリーンエネルギー分野を重点事業領域と位置付けており、下水汚泥、食品廃棄物、家畜排せつ物などの地域バイオマスによるバイオガス発電を複数展開しております。今回、神戸環境クリエート株式会社が再生可能エネルギー事業拡大の一環として食品バイオマス由来のメタン発酵ガス発電事業を計画する中で、安定した事業運営を行うため、メタン発酵処理の知見を有する当社も事業参画し、処理事業会社を設立する形となりました。

特別目的会社は、株式会社ジャパנקリーンサービス（神戸環境クリエート株式会社の親会社）所有地内に処理施設を建設し、発生するバイオガス（メタン発酵ガス）を神戸環境クリエート株式会社に販売します。バイオガスは、神戸環境クリエートが別途建設する発電施設へ送られ、神戸環境クリエートにて「再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT制度）」を活用したバイオガス発電事業を行います。

今回の事業では施設の設計および建設工事（土木、建築、機械、電気）を当社が請負い、メタン発酵処理設備は特別目的会社、バイオガス発電設備は神戸環境クリエート株式会社からそれぞれ受注しています。

食品廃棄物によるバイオガス発電事業に建設・維持管理の請負以外で事業者として参画するのは、当社にとって今回が2例目となります。本事業を含め、今後も食品廃棄物のメタン発酵処理事業を促進し、バイオガスの有効利用等、地球温暖化防止に貢献します。

【メタン発酵処理事業の概要】

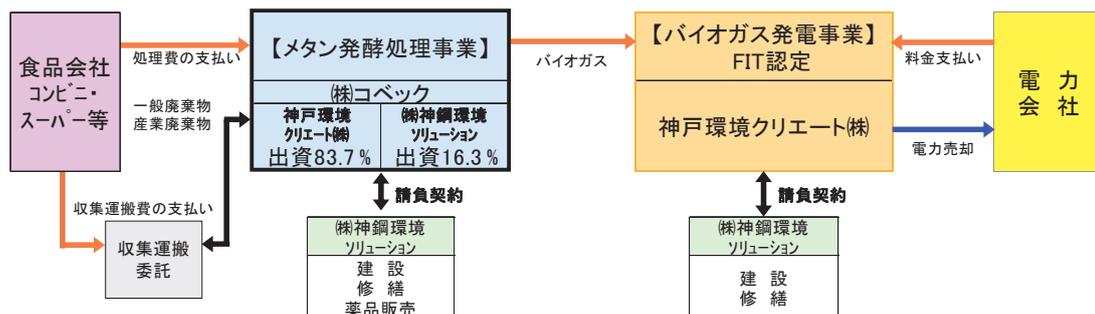
①特別目的会社の概要

商号：株式会社コベック（Kobec Co.,Ltd）
 所在地：兵庫県神戸市兵庫区遠矢浜町4番38号
 出資比率：神戸環境クリエート株式会社 83.7%
 株式会社神鋼環境ソリューション 16.3%

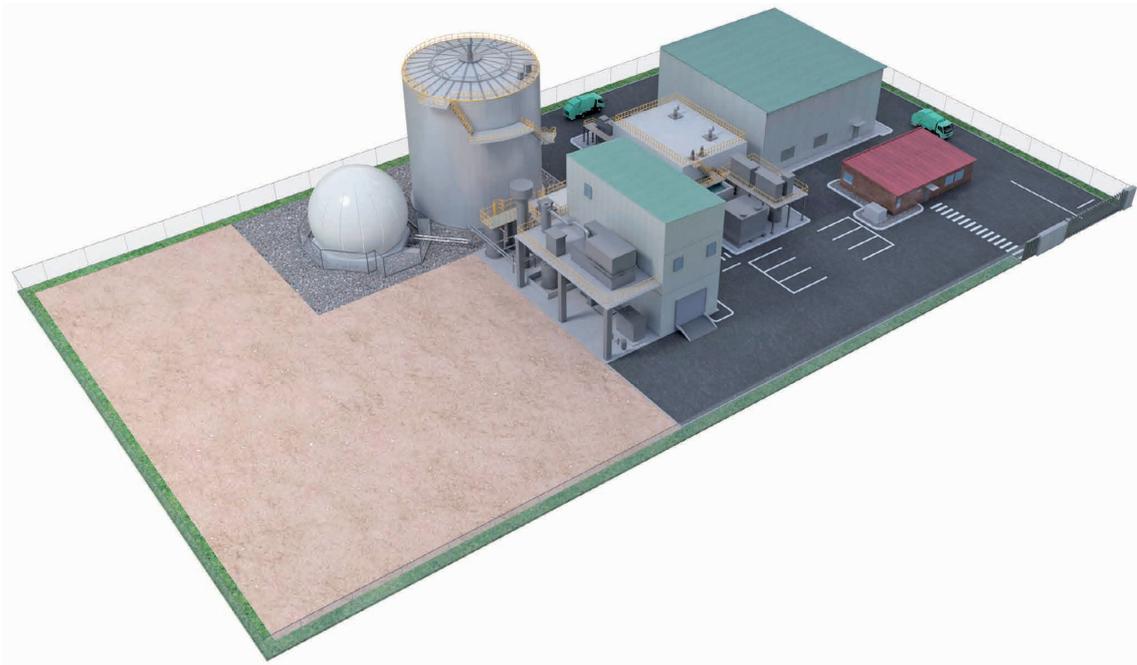
②メタン発酵処理事業の計画概要

施設名：（仮称）バイオガス KOBE
 事業内容：食品廃棄物をメタン発酵処理し、生成したバイオガスを供給する事業
 処理規模：60t/日（廃棄物処理量）
 事業期間：2024年6月～2045年12月（予定）
 ※神戸環境クリエート株式会社による発電事業開始は2025年1月を予定

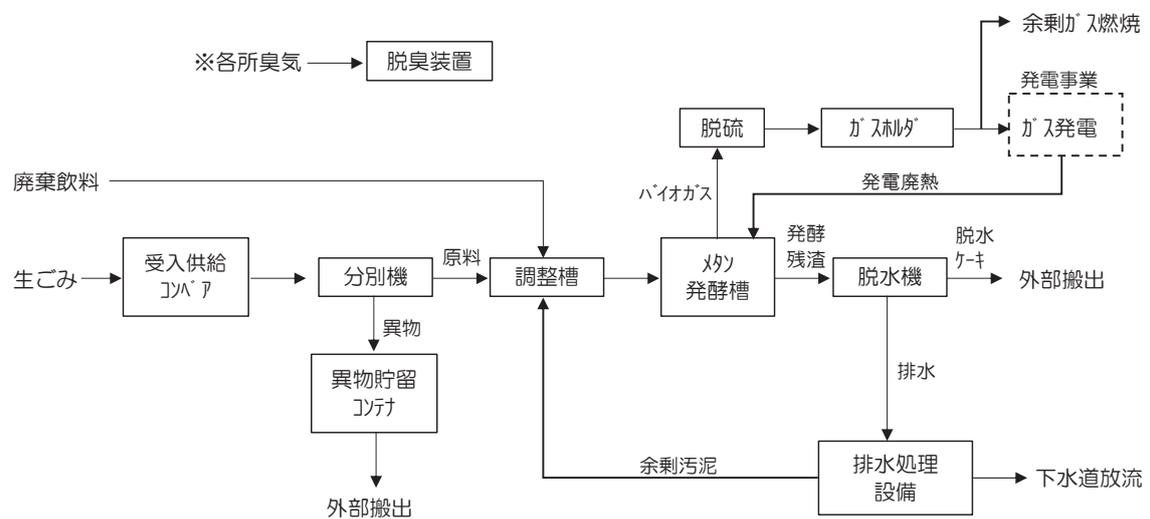
③事業スキーム



【メタン発酵処理施設の完成イメージ】



【メタン発酵処理施設概略フロー】



「兵庫東流域下水汚泥広域処理場汚泥処理施設改築工事」を受注

～下水汚泥エネルギー有効利用，温室効果ガス排出量削減を推進～

当社は、メタウォーター株式会社、日鉄エンジニアリング株式会社、三菱電機株式会社、佐藤工業株式会社との5社にて構成した特定建設共同企業体で、地方共同法人日本下水道事業団から「兵庫東流域下水汚泥広域処理場汚泥処理施設改築工事」（以下、「本工事」）を受注し、2021年10月4日に工事請負契約を締結しました。

現在、兵庫東流域下水汚泥広域処理場では下水汚泥を全量焼却処理していますが、施設の老朽化が進んでいます。兵庫県では下水道資源の有効利用を推進しており、本工事では、既存設備の改築に加え、国内最大級の汚泥消化施設及び汚泥燃料化施設を新設します。官民連携により、下水汚泥からのバイオガス・汚泥燃料の製造、それらの利活用に取り組み、兵庫県内での下水汚泥エネルギーの有効利用と温室効果ガス排出量削減を推進します。

本工事の遂行により、下水処理場の付加価値向上ならびに地球温暖化防止に貢献してまいります。

【兵庫東流域下水汚泥広域処理場汚泥処理施設改築工事の概要】

①受注者：神鋼環境ソリューション・メタウォーター・日鉄エンジニアリング・三菱電機・佐藤工業特定建設共同企業体

②工事概要：

- (1) 汚泥消化施設（1槽あたりの貯留容量9 000 m³ × 4槽の鋼板製消化槽）・汚泥燃料化施設（2系列）等の機械設備工事
- (2) 上記に付随する電気設備工事，土木工事及び建築工事

③事業方式：DB方式（Design：設計，Build：施工の略で設計施工一括発注方式のこと）

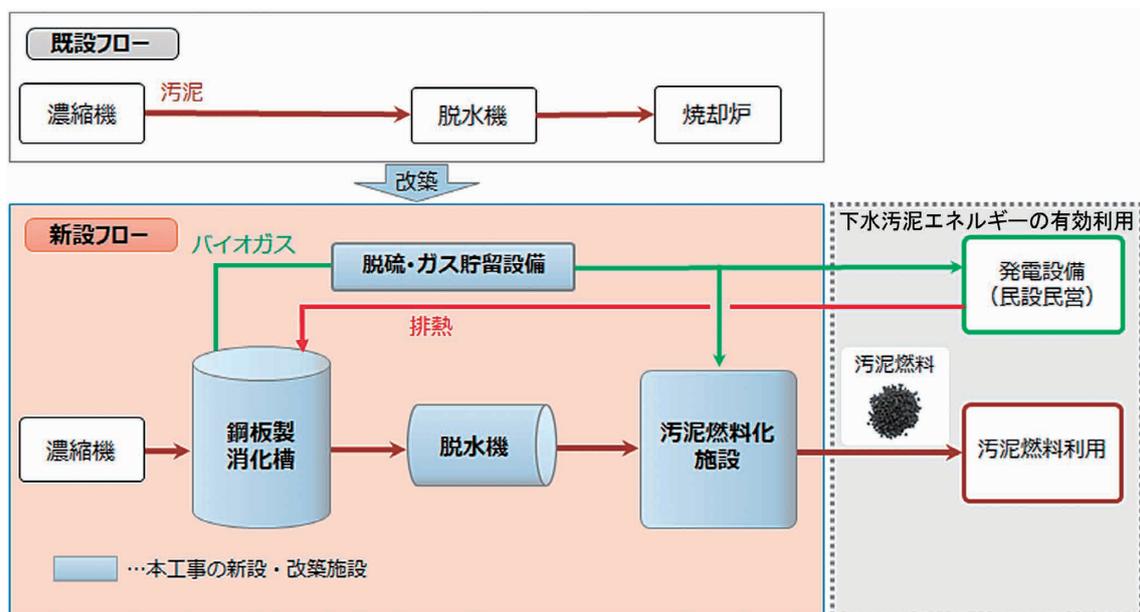
④本事業の特長：

- (1) 老朽化した汚泥処理施設の更新
兵庫東流域下水汚泥広域処理場の安定運用に向け，汚泥処理施設を更新します。
- (2) 国内最大級の汚泥消化・汚泥燃料化施設の新設
国内最大級の鋼板製消化槽と汚泥燃料化施設を新設し，官民連携で下水汚泥エネルギーの有効利用と温室効果ガス排出量削減に取り組みます。

【兵庫東燃料化設備 完成イメージ】



【汚泥処理施設の処理フローおよび主要機器の特徴】



福知山市汚泥処理施設再構築事業汚泥有効利用施設整備工事を受注

当社は、株式会社松村組と構成した特定建設共同企業体で、地方共同法人日本下水道事業団から「福知山市汚泥処理施設再構築事業汚泥有効利用施設整備工事」（以下「本工事」）を受注し2022年1月11日に工事請負契約を締結しました。

福知山市はバイオマス資源である下水汚泥の有効活用を推進しており、本工事では更新時期を迎えた既存施設の改築に加え、汚泥消化施設及び汚泥燃料化施設を新設します。官民連携により、下水汚泥由来の消化ガス・汚泥燃料の製造及び利活用（消化ガスの場内利用及び汚泥燃料の発電所利用）に取り組み、下水汚泥エネルギーの有効活用と温室効果ガス排出量削減を推進します。

当社は「今を越える発想で、健やかな環境と暮らしを次世代へ」をミッションとする中で、本工事の遂行により、下水処理場におけるエネルギー自給率の向上ならびに地球温暖化防止に貢献して参ります。

【福知山市汚泥処理施設再構築事業汚泥有効利用施設整備工事の概要】

①受注者：神鋼環境ソリューション・松村組特定建設共同企業体

②工事内容：外部汚泥受入・濃縮・消化・脱水・汚泥燃料化施設の機械設備工事
上記に付随する電気設備工事、土木工事及び建築工事

③事業方式：DB（Design：設計，Build：施工）（+ O（Operation：維持管理・運営））方式*
※維持管理・運営および生成物（汚泥燃料）売買に関しては別途契約を予定。

④本工事の特徴

(1) 汚泥処理施設の再構築

更新時期を迎えた既存設備を改築するとともに、汚泥有効利用施設を導入し、集約したし尿や汚泥等のバイオマスの効率的な利用を図ります。

(2) 下水汚泥エネルギーの有効活用

発電事業を行う神戸製鋼所と下水汚泥処理事業を手掛ける当社が連携し、KOBELCOグループ一体で、カーボンニュートラルなバイオマスである汚泥燃料を発電燃料として有効利用します。

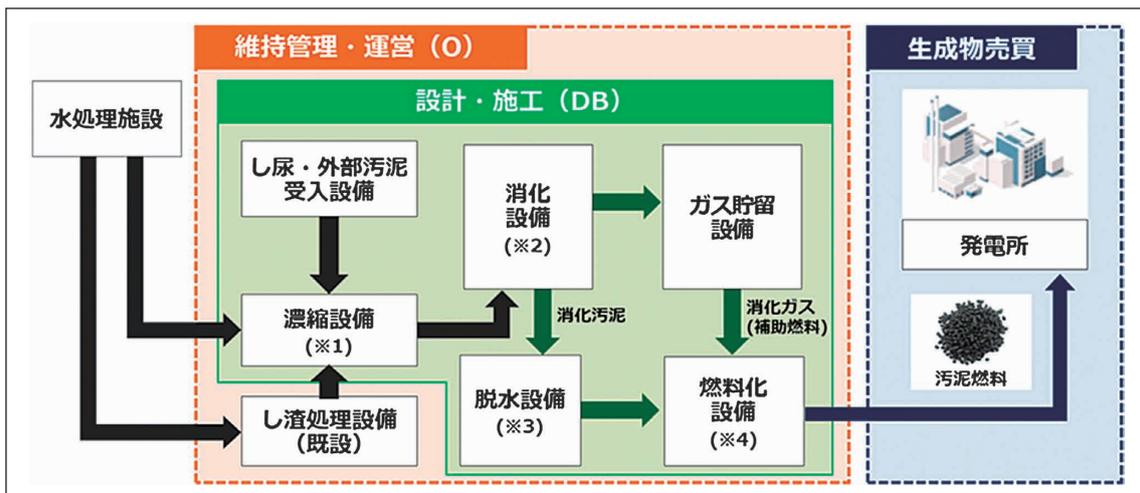
(3) 温室効果ガス排出量の削減

官民連携で下水汚泥エネルギーの有効利用と温室効果ガス排出量削減に取り組み、CO₂排出量を削減します。

[福知山燃料化設備 完成イメージ]



[処理フローおよび主要機器の特徴]



- ※1 ベルト型濃縮機 ※2 銅板製消化槽
 ※3 難脱水対応強化型スクリーブレス脱水機 ※4 炭化炉

福井市から「(仮称) 福井市新ごみ処理施設整備・運営事業」を受注 ～6 MPa × 450 °Cボイラによる国内最高水準の高効率発電, 高速飛灰炭酸化技術による焼却排ガスからの CO₂ 回収を実施～

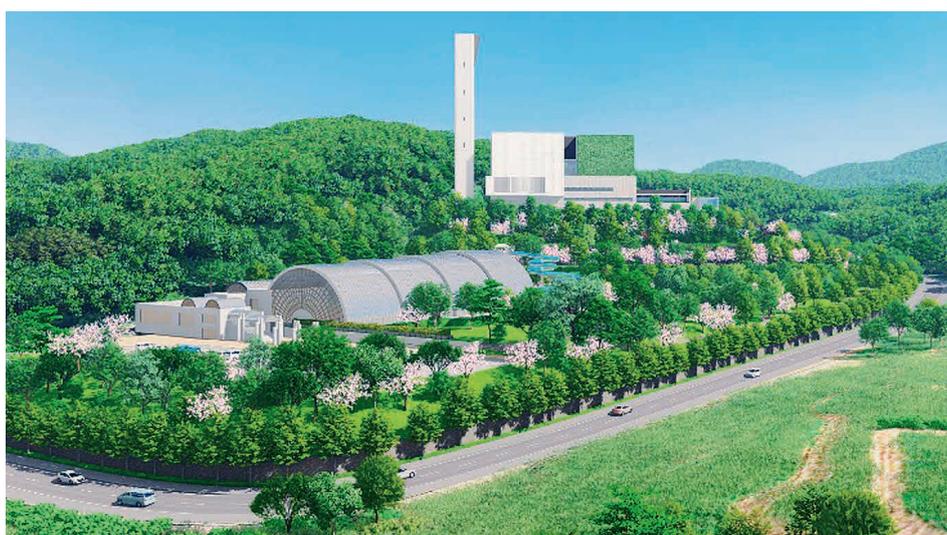
当社は、福井県福井市より、「(仮称) 福井市新ごみ処理施設整備・運営事業」を受注しました。

本事業は、福井市から排出されるごみを処理するものであり、本施設の設計・建設業務を当社と鹿島建設株式会社、石黒建設株式会社で構成する共同企業体（代表企業：当社）が実施し、その後20年間にわたる運営・維持管理業務を当社および当社グループ会社である神鋼環境メンテナンス株式会社が出資する特別目的会社にて行います。

今回採用した「回転ストーカ式焼却炉」は、火格子がボイラ水管壁で構成されているストーカ式の焼却炉です。高い耐久性、低質ごみから高質ごみまでの幅広いごみ質への適応、低空気比燃焼、高効率熱回収性能等が特長です。さらに、本事業では「高温高圧ボイラ・タービン（6 MPa × 450 °C）」の採用による国内最高水準の高効率発電、焼却排ガスに含まれる CO₂ を飛灰に吸収/固定化させる「高速飛灰炭酸化技術」の導入を実施します。

【事業の概要】

- ①事業内容：焼却施設の設計・建設業務、運営・維持管理業務、及び関連施設の整備等
- ②工期・履行期間
 - ・設計・建設期間：2022年3月24日から2026年3月31日まで
 - ・運営期間：2026年4月1日から2046年3月31日まで（20年間）
- ③契約者
 - ・設計・建設業務：神鋼・鹿島・石黒特定建設工事共同企業体
 - ・運営・維持管理業務：(株)神鋼環境ソリューション、神鋼環境メンテナンス(株)の共同出資により設立する特別目的会社
- ④ごみ処理能力：265 t/日（132.5 t/日 × 2 炉）



施設完成イメージ図

「廃棄物処理施設の基幹的設備改良工事，長期包括運營業務」の完了と受注 ～施設の長寿命化とCO₂削減に貢献～

廃棄物処理施設は竣工後の年数が進むにつれて経年劣化による不具合や性能低下が起こってきますが、これに対して将来も安定的にごみ処理事業を継続していく必要から、後継となる新しい施設の建設という方法のほかに、基幹的設備改良工事という既存施設の主要設備・機器の更新や改良を行って施設の延命化を図ることが行われています。さらに、その施設を長期的に適正な管理・運用を行うことが重要となることから、それらを長期包括運營業務としてプラントメーカー等へ委託することも行われるようになっていきます。

弊社ではこのお客様のニーズに応えるべく、基幹的設備改良工事を通して、延命後の長期的な安定稼働の確保と最新技術の導入によるCO₂排出量の削減を行い、これまで蓄積してきた運転ノウハウを最大限活用して施設を適切な管理のもと長期間にわたり使用可能とすることで、廃棄物処理施設の整備に係わるトータルコストの縮減と平準化に寄与し、安定した安心・安全な廃棄物処理の実現に貢献します。

基幹的設備改良工事では、現在の施設がごみ処理運転に伴って排出するCO₂量を、改良工事を行うことで一定割合以上の削減を達成する等の要件を満たすことで、環境省の二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金、二酸化炭素排出抑制対策事業費交付金ならびに循環型社会形成推進交付金を受けることが可能となっています（いずれの補助金/交付金を受けるかは種々要件によります）。今回の事業はいずれもこれを活用することで事業費の抑制もできております。

今後もこれまで培ってきた計画から設計・建設・運営・維持管理までの一連の基盤技術に最新の技術を導入し、新設工事のみならずニーズの高い基幹改良工事と長期包括運營業務へ最適な提案で応え、廃棄物処理関連事業を通じてSDGs実現に向けて取組んでいきます。

【基幹的設備改良工事の完了】

1. 加賀市環境美化センター基幹改良設備工事

- ①工事名称：加賀市環境美化センター
基幹的設備改良工事
- ②施設竣工：1996年3月（約23年経過）
- ③工期：2019年6月から2022年3月まで
- ④処理方式：流動床式焼却炉
- ⑤施設規模：焼却施設 160t/日（80t/24h × 2炉）
- ⑥本工事の特長：

- ・稼働後約23年経過した同施設の機能を回復させると同時に、工事後約15年間の施設延命化を図りました。
- ・プレミアム効率モータ採用、インバータ化等により省電力化を図りました。
- ・最新設備への交換により省エネルギー化を図りました。
- ・省電力化によりCO₂排出量を3%以上削減することで、環境省の二酸化炭素排出抑制対策事業費交付金を活用しました。
- ・工事は停止中の系列で順次実施することで通常操業に影響なく進めました。



2. クリーンピア射水基幹改良設備工事

- ①工事名称：クリーンピア射水
基幹的設備改良工事
- ②施設竣工：2003年3月（約16年経過）
- ③工 期：2019年6月から2022年2月まで
- ④処理方式：流動床式焼却炉
- ⑤施設規模：焼却施設 138 t/日（46 t/24 h × 3 炉）
- ⑥本工事の特長：



- ・稼働後約16年経過した同施設の機能を回復させると同時に、工事後約15年間の施設延命化を図りました。
- ・プレミアム効率モータ採用，インバータ化等により省電力化を図りました。
- ・給じんシステム，焼却炉の改造により更なる安定燃焼と発電効率アップを実現しました。
- ・省電力化により CO₂ 排出量を5%以上削減することで，環境省の二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金を活用しました。
- ・工事は停止中の系列で順次実施することで通常操業に影響なく進めました。

【基幹的設備改良工事および長期包括運營業務の受注】

1. 下関市リサイクルプラザ処理棟基幹的設備改良工事

- ①工事名称：下関市リサイクルプラザ処理棟
基幹的設備改良工事
- ②施設竣工：2003年6月（約19年経過）
- ③工 期：2021年12月から2024年1月まで
- ④処理方式：破碎・選別・圧縮・梱包・貯留
- ⑤施設規模：113 t/日
- ⑥本工事の特長：



- ・稼働後約19年経過した同施設の機能を回復させると同時に，工事後10年間以上の施設延命化を図ります。
- ・プレミアム効率モータ採用，現状のごみ性状にあった電動機の再選定等により省電力化を図ります。
- ・最新設備への交換により省エネルギー化を図ります。
- ・別途発注の建築設備工事（照明のLED化等）と合わせて，プラント設備の省電力化により事業全体の CO₂ 排出量を3%以上削減することで，環境省の循環型社会形成推進交付金を活用します。

2. 生駒市清掃センター基幹的設備改良工事

- ①工事名称：生駒市清掃センター
基幹的設備改良工事
- ②施設竣工：1991年3月（約31年経過）
- ③工 期：2022年3月から2025年2月まで
- ④焼却方式：流動床式焼却炉
- ⑤施設規模：焼却施設 220 t/日（110 t/24 h × 2 炉）
- ⑥本工事の特長：



- ・稼働後約31年経過した同施設の機能を回復させると同時に，工事後15年間以上の施設延命化を図ります。
- ・最新設備の導入，プレミアム効率モータ採用，インバータ化により省電力化を図ります。
- ・上述設備改善での省電力化により CO₂ 排出量を5%以上削減することで，環境省の二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金を活用します。

3. 生駒市清掃センター長期包括運營業務委託

①工事名称：生駒市清掃センター

長期包括運營業務委託

②施設竣工：1991年3月（約31年経過）

③受託者：株式会社生駒環境サービス（当社が代表企業を務めるSPC）

④業務内容：運転管理等業務

⑤受託期間：2022年4月から2040年3月まで（18年間）

⑥本業務の概要：

- ・本事業の受託業務として、計量業務、運転管理業務、維持管理業務、環境管理業務、防災管理業務、そのほか関連業務を行います。
- ・運転管理業務では、一般廃棄物等（燃えるごみ、燃える大型ごみ、下水道汚泥、動物死骸）を受け入れ、要求水準書に規定する公害防止基準を満足する適正な処理を行います。
- ・維持管理業務では適切な点検補修を行うことで設備性能を維持し、長期18年にわたる委託期間中の安定運転を実現します。

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
〒651-0086 神戸市中央区磯上通2丁目2番21号(三宮グランドビル)	☎ (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 / 〒141-0033 東京都品川区西品川1丁目1番1号(住友不動産が-テラワ-)	☎ (03)5931-3700 FAX(03)5131-5700
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(結晶ファインセントラルタワー)	☎ (052)581-9876 FAX(052)563-2313
北 陸 支 店 / 〒910-0859 福井県福井市日之出2丁目17-13	☎ (0776)27-7645 FAX(0776)27-0460
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
プノンペン事務所 / Level 5, OHK Tower, Street 110 and Corner Street 93, Phum 3, Sangkat Srah Chak, Khan Doun Penh, Phnom Penh, Kingdom of Cambodia	☎ +855-23-232-051
ロンドン事務所 / Building 3, Chiswick Park, 566 Chiswick High Road, London, W4 5YA, United Kingdom	☎ +44-208-849-5558

神鋼環境ソリューション