



地球環境に配慮した小形水処理システム

GALF BSシリーズの開発

Development of Small Packaged Type
Waste Water Treatment System
“GALF BS Series” with The Consideration
for Earth Environment

堀 登 紀 男^{*1)} 木 村 春 昭^{*2)} 初 田 導 弘^{*3)} 藤 本 義 彦^{*4)} 町 谷 勝 幸^{*5)}
Tokio Hori Haruaki Kimura Michihiro Hatsuda Yoshihiko Fujimoto Katuyuki Machiya

要 旨

地球環境保全のあり方が大きく見直されつつある今日では、「環境への負荷の少ない健全な経済の発展を図りながら持続的に発展することができる社会」の構築が必要であり、当社ではその一端を担うべく小形パッケージタイプの加圧浮上分離システム（GALF BS シリーズ）の開発ならびにその提案を行っている。当システムは独自のGALFと名付けた気液混相技術をコアとし、凝集反応槽、浮上槽、処理水槽などを一体化した加圧浮上分離システムのパッケージ化および処理容量ごとのハード的標準化を図ったもので、省スペース、省労力、省エネルギー、そして環境への配慮を強く打ち出した製品である。なおBSシリーズは、当社が目指しているHMI（Human Machine Interface）ソリューションによる「人と機械の最適環境」を創造した結果の製品であるとともに、「人と地球の最適環境の創造」を実現するアイテムでもある。いわばHEI（Human Environment Interface）が、GALF技術の最大のコンセプトである。

Abstract

Today, the process of preserving the global environment has been reassessed on a large scale. It necessitates building a society where sound economic growth with lesser burden to the environment is planned and developed continuously. To contribute to this movement, we, IDEC IZUMI CORPORATION, have developed the small packaged type dissolved air flotation system (GALF BS series) for making our proposals. Based on our GALF (Gas Liquid Foam) of the gas-liquid mixing technology, this system is designed to incorporate the flocculater unit, the flotation unit, and the treated water tank in one package, and is intended to the standardization of Dissolved Air Flotation system according to the waste water flow quantity. It features space-, labor-, and energy-saving, and gives the environment careful consideration. On the one hand this BS series has resulted from creation of the optimum human environment based on our concept of the HMI Solution, on the other it is an item for realizing creation of the Optimum Human Globe Environment; therefore, HEI (Human Environment Interface) is the main concept of our GALF technology.



小型パッケージタイプ加圧浮上分離装置（BS - 1）

The small packaged type dissolved air flotation system (BS-1)

1. はじめに

1.1 環境保全のグローバルな潮流

地球の資源や環境については、一時期悲観説が蔓延していたが、最近では末世感に陥ることなく、自然の富や環境の持続可能性を拓く努力が、私たちの周りで行われている[1]。地球規模の社会的動向としては、オゾン層保護をうたった1985年「ウィーン条約」や1987年「モントリオール議定書」をはじめ、1992年リオデジャネイロで行われた「地球サミット」などが有名であり[2]、最近では1997年12月に行われた「地球温暖化防止京都会議」が記憶に新しい。

これらの動向は、今日の環境問題が地球規模という空間的広がり、次世代への影響という時間的広がりを持っている[3]ことに鑑み、地球環境保全のあり方が大きく見直されていることの表われである。また企業レベルでも、ISO14000の取得ならびにその推進が多数の事業所にて図られており、地球環境への配慮に対する関心の高さには目をみはるものがある。

1.2 国内における環境保全

日本では、1967年制定の「公害対策基本法」ならびに1972年制定の「自然環境保全法」を二本柱とした諸施策の推進により、1980年頃までには、かつての激甚な公害の克服および優れた自然環境の保全について相当な成果をあげることができた[3]。しかし、近年さらなる経済的発展にともなう都市部への過度の人口集中、大量消費型経済活動による社会システムへの圧迫、および地球規模の環境問題のひっ迫から、今日の環境問題に対しては、このような一国での問題対処型の法的枠組みでは対処しきれないものとなってきた[4]。これらの背景から、1993年「環境基本法」が制定されたことで、社会経済活動や国民の生活様式のあり方を含め「社会全体を環境への負荷の少ない持続的発展が可能なものに変えていく」ことを想定した新たな法的枠組みが誕生したのである[4]。環境基本法制定の背景[3][4]を図1に示す。

1.3 環境基本法に対する提案

上記環境基本法においては、第4条で「環境への負荷の少ない健全な経済の発展を図りながら持続的に発展することができる社会が構築されること」が必要であるとうたわれている。また第8条では、事業者は「自然環境を適正に保全するために必要な処置を講ずる責務を有する」として、いわゆる経済的ディスインセンティブ（disincentive：環境に負荷を与える行為を経済的に不利とするもの）を提示している[5]。

従来の環境政策の法体系

- 公害対策基本法
（昭和42年制定，昭和45年改正）
- 自然環境保全法
（昭和47年制定）
かつての激甚な公害の克服や優れた自然環境の保全については相当の効果

今日の環境問題の特質

- 通常の社会経済活動による環境への負荷の増大
 - 都市・生活型公害
（例：自動車交通による大気汚染）
 - 廃棄物の排出量の増大
 - 地球温暖化問題 等
- 地球規模で対応すべき問題の顕在化
 - 地球温暖化
 - オゾン層の破壊
 - 海洋汚染
 - 野生生物の種の減少 等
- 身近な自然の減少等
 - 都市における身近な自然の減少
 - 過疎地域を中心に農地、森林の有する環境保全能力の低下
 - 自然とのふれあいを大切にす国民の欲求の高まり
 - 自然と共生した快適環境（アメニティ）の創造

新たな対策手法

環境基本法における各種施策

（新）・環境基本計画 ・環境基準 ・国の施策における配慮 （新）・環境影響評価 ・規制措置 （新）・経済的措置 （新）・施設整備等の事業 （新）・環境負荷低減に資する製品等の利用の促進 （新）・環境教育，環境学習等 （新）・民間の自発的活動の支援	（新）・情報の提供 ・調査の実施 ・監視等の体制整備 ・科学技術の振興 ・紛争処理，被害救済（公害） （新）・地球環境保全等に関する国際協力等 ・原因者負担（公害，自然） ・受益者負担（自然） ・地方自治体への財政措置
--	---

図1 環境基本法制定の背景

Fig.1 The background of enacting the environment basic law

このような情勢のなか、水質保全という分野において、当社のGALF（Gas Liquid Foam）技術（「3.1 GALF気泡水製造装置」にて後述）による小形パッケージタイプ加圧浮上分離システム（以下、BSシリーズと称す）は、事業者がその活動を行うにあたって、地球環境への配慮という必要かつ難解な方針を明確に打ち出すと共に、健全で経済的な操業を行うためのアイテムとして開発されたものである。以下に、当システム開発の詳細について述べる。

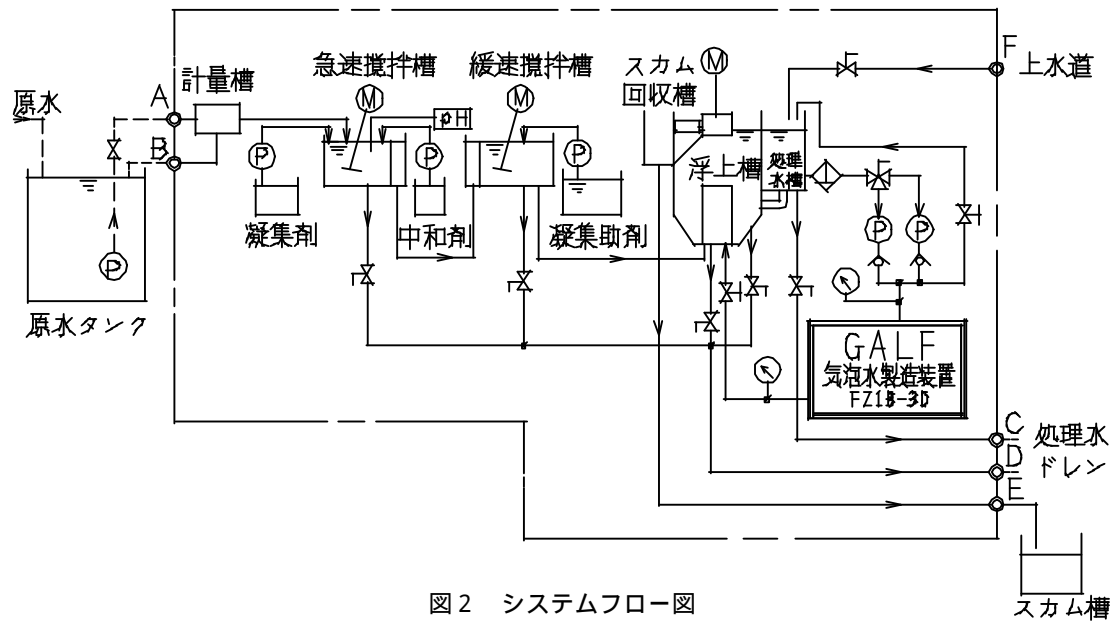


図2 システムフロー図
Fig.2 System flow chart

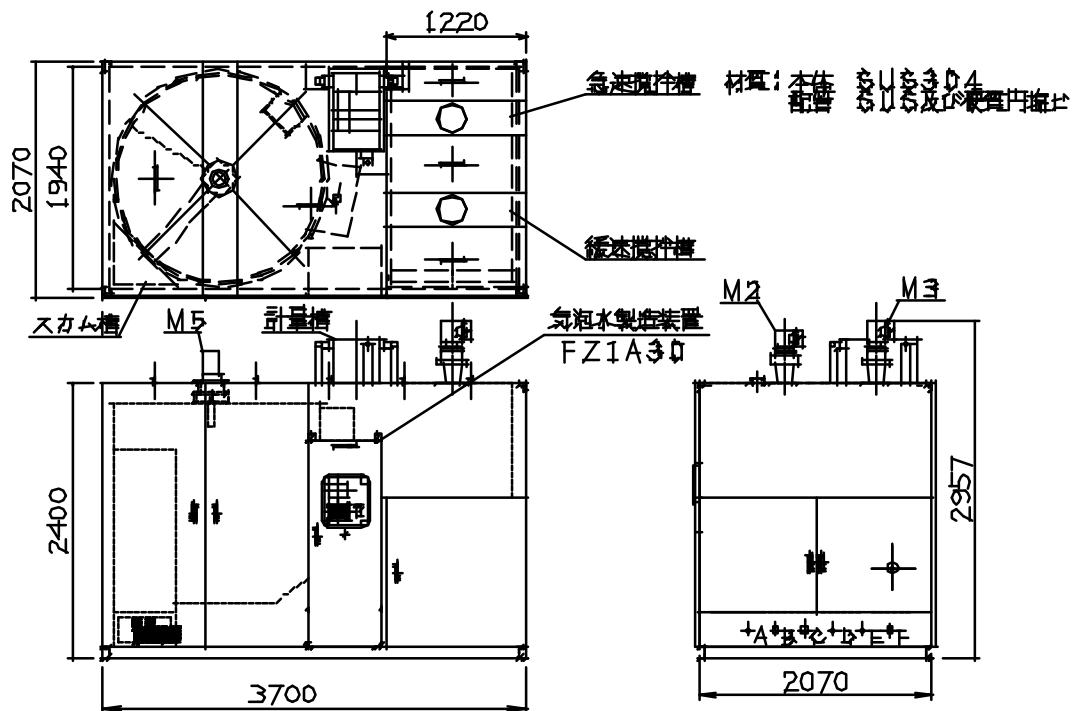


図3 BS-1 概要図
Fig.3 BS-1 outside view

2. 開発の背景

2.1 事業者による公害対策とその問題点

水処理に関して比較的大規模な事業所などでは、建設時に設計プラントに組み入れて、場所的にも費用的にも充分に検討を行って対応されている場合がほとんどである。

排水量が 50m³/日以上、100m³/日程度までの特定施設

と判定される事業所などに関しては、設置面積などの関係から簡易的な装置の設置、あるいは全く未設置の場合が少なくない。そして、設立当初はさほど大きな問題として取り上げられなかったものの、近年になり各地方自治体が排水規制強化の条例を打出し、新規設立時の排水処理装置の設置はもちろん、従来の工場に対しても厳しく勧告を出し、悪質な企業に関しては操業停止命令も辞さない状況となってきた。

このため、対象の中小企業としては何とかしなくてはならないという緊迫感はあるものの、設置スペースの問題、あるいは導入コストの問題などに対して苦慮しているのが現実である。

2.2 B Sシリーズの開発

加圧浮上分離システムは、排水中に微細な気泡を注入し、排水中の懸濁物質に気泡を付着させることで排水を浄化するシステムであり、多くの産業排水処理に用いられている。加圧浮上分離は凝集沈殿に比べ分離処理速度が速いため、水面積負荷を大きく取ることができる[6]という利点がある。したがって適切な処理容量を持った加圧浮上分離システムを小型パッケージ化することで、その導入が促進されるものと判断し、その開発に着手した。

2.3 開発のコンセプト

開発にあたっては、省スペース・省労力・省エネルギーなど省への対応を基本コンセプトとして、浮上槽、凝集反応槽、処理水槽などを一体化して加圧浮上分離システムのパッケージ化を図り、B Sシリーズとして開発を行った。排水処理容量 $6 \text{ m}^3/\text{時間}$ の加圧浮上分離システム B S - 1 形のシステムフローおよび装置概要を図2、3に示す。

このB Sシリーズの開発によるシステムのパッケージ化は、ユーザのニーズである設置スペースの問題を解決するものである。また、従来ユーザごとに対応していた排水処理システムのハード的標準化を図り、製品の運搬ならびに現地設置工事を容易にすることで諸費用の削減が可能となった。さらに、リース商品として取り扱うことも可能となることより、従来品と比べて大幅な導入予算の節約をアピールすることができるものでもある。

G A L F システムの基本特性である操作性の良さ[7]は、省労力ならびに省エネルギーをアピールするものであり、その高効率性能[8]は環境に対する配慮をアピールするものである。また パネル（参考文献、本号別稿「DIN サイズをベースとした パネルの開発」）の実装など、当社のコンセプトである最適 HMI（Human Machine Interface）環境の実現により、使いやすさの追求への配慮もアピールされている。パネルに組込まれたディスプレイ画面サンプルを図4に示す。

3. システムの特徴

3.1 G A L F 気泡水製造装置

上記コンセプトにより開発されたB Sシリーズに関して、その特異性をもたらした大きな要素は、当社独自の気液混相技術であるG A L F による超微細気泡発生技術

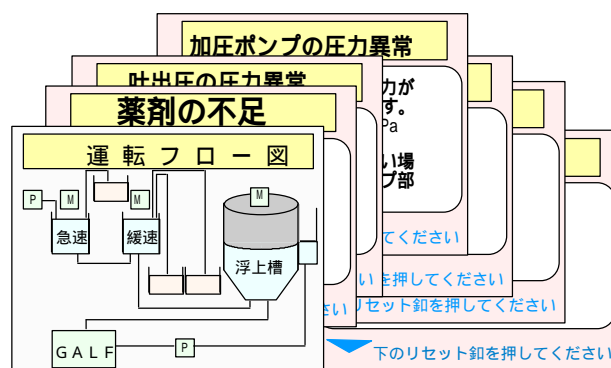


図4 ディスプレイ画面

Fig.4 The display of panel

である[9][10][11]。なお、このG A L Fとは、当社独自の加圧管路方式を用いて気体を液体に効率よく加圧溶解させる技術[12]の総称であり、対象とする気体は空気のみならず、オゾンなどの特殊ガスを用いた水処理にも適用できるものである[12]。

従来の加圧浮上分離には、加圧タンク方式が主に用いられているが、加圧水ポンプとコンプレッサとの人手による煩雑なバランス調整が必要であること、またシステムを立上げ安定状態になるまで長時間が必要なため、一旦始動した後は処理不要時でも動かし続けているという問題があった[7]。G A L F システムの加圧管路方式では、これらの問題点は解決され、簡便に安定して微細気泡を生成することができる[13][14]。また図5に示す通り、加圧管路方式による微細気泡は、加圧タンク方式に比べても気泡径が微細であり気泡数密度も多いという特徴があるため、加圧浮上分離には最適なものである[15][16]といえる。それゆえ、関係方面からも高い評価を得ている。

3.2 システムの特長

B Sシリーズの特長として以下の項目が挙げられる。

(1)パッケージ化されコンパクトである。

標準的なB S - 1（処理水量 $6 \text{ m}^3/\text{時間}$ ）は、4 ton トラックで運搬が可能。荷下ろし後も乗用車1台分の駐車スペースで設置対応が可能。

(2)運転・調整が簡単である。

当社の制御技術により自動運転が可能。運転ボタンを押して10数秒後には安定した微細気泡が発生するなど、システムの立ち上がりがきわめて速い。煩雑なバルブ操作の必要もなく、オペレータに対する負荷がきわめて軽微である。

(3)システムの起動/停止が容易である。

起動/停止が随時実施可能であるため、排水量の変動にあわせたシステムの運転が可能。原水タンクへの排水量の溜り具合をセンシングして、起動/

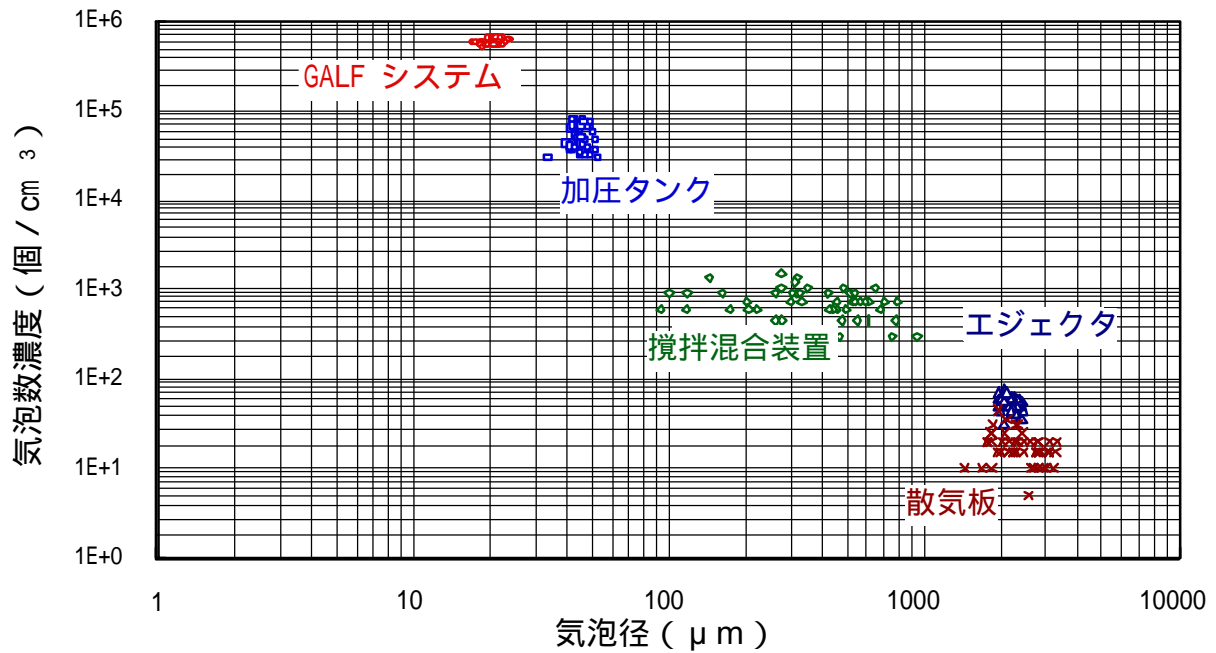


図5 気泡径および気泡数密度の比較

Fig. 5 Comparison of bubble diameter and number density

停止を自動的に行なえば、システム動力系全体の運転/停止も連動させることができ、自動間欠運転も可能である。

(4)省エネルギーである。

圧送ポンプの動力で気泡生成に用いる空気も自吸させるため、加圧タンク方式で必要であったコンプレッサが不要である。また(3)で述べた通り、システム動力系全体の自動間欠運転ができることにより、消費されるエネルギーを大幅に削減することができる。

加圧浮上法は、沈殿法に比べて水面積負荷を大きく取ることができ [6]、パッケージングすることでよりコンパクト性が向上する。他方、加圧浮上法は加圧に要する動力エネルギーが必要になる [6] が、自動間欠運転が可能になることから、省エネルギーに大きく貢献している。

4. 実用例および処理データ

B Sシリーズによる食品排水の浄化とペット樹脂再生処理洗浄水の浄化例および処理データを表1, 2に示し、図6, 7にそれらの関係をグラフで示す。表中に示されている分析項目は、以下の通りである。

SS : 浮遊物質

N-ヘキ: N - ヘキサン抽出物質

BOD : 生物化学的酸素要求量

COD : 化学的酸素要求量

表中の測定値の単位は全て mg/L であり、SS の 10 および N-ヘキの 1 は検出限界以下を表している。

4. 1 食品排水の浄化

食品排水とは、企業向け弁当、学校給食、ファミリーレストラン、ホテルの厨房、食品メーカ、酒造メーカなどから排出される水である。米のとぎ汁、調理時の排水、食器の洗水、洗剤、残飯など雑多な成分を含むうえ、時間帯によりその内容が偏るため、処理装置に対する負荷変動が大きく比較的処理の困難な排水である。今日のセンシング技術では、排水の成分や水質を瞬時に判別することは難しいため対策としては、

- (1) 原水槽での滞留時間を多く取ることで、混合による水質の平均化を図る。
- (2) 洗米、調理、食器洗浄などの工程ごとに信号を厨房よりもらい、凝集用薬注量を自動対応させる。

などの方法により対処している。

4. 2 ペット樹脂再生処理洗浄水の浄化

1997 年 4 月に「容器包装に係わる分別収集及び再商品化の促進等に関する法律（容器包装リサイクル法）」が施行され、特定事業者に対し使用済み容器を再商品化することを義務づけている [17]。

ここで紹介するペット樹脂再生処理洗浄水の浄化とは、回収した使用済みペットボトルを粉砕しフレーク状にしたものを洗浄し、再商品化するための原材料とする工程において発生する排水を浄化して再利用するか、もしくは下水道等へ廃棄するために放流基準まで浄化することを目的としている。

工程上、水処理を行うポイントはだまかに 3 つの工程

表1 食品排水の浄化例

Table 1 Examples of water treatment
at food industry

浄化例		SS	N- H_4	BOD	COD
給食 メーカー1	処理前	2100	290	1700	980
	処理後	41	7.3	430	320
給食 メーカー2	処理前	1200	130	720	470
	処理後	10	1	420	130
酒造 メーカー	処理前	300	4.3	200	190
	処理後	29	1	130	93

(単位: mg/L)

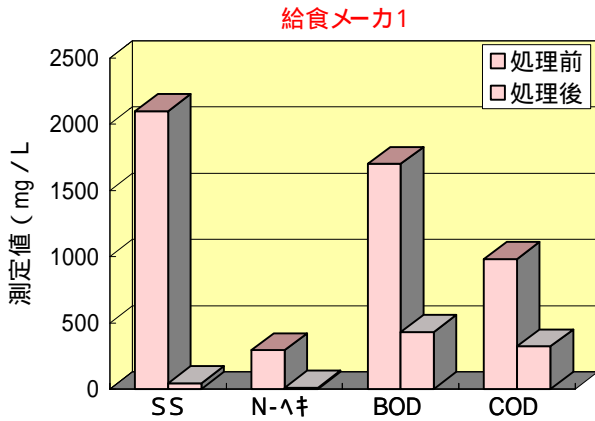


図6 食品排水の浄化例

Fig.6 Examples of water treatment
at food industry

がある。

- (1)市町村や民間から回収されたペットボトルを荒洗浄した洗浄水の浄化（再利用）。
- (2)フレーク状にしたペットボトル樹脂を洗剤などで洗浄した水やそれをすすいだ水の浄化（再利用）。
- (3)最終的に各洗浄で使用した水を、下水道などへ放流するための浄化（廃棄）。

4.3 その他の洗浄排水の浄化

洗浄排水のその他の浄化実用例や実験事例としては、レンタルマットの洗浄排水、電車や自動車の洗車排水、塗装ラインの洗浄排水、船舶船底の再塗装時の剥離洗浄排水、土木建設機械の洗浄排水などがある。この種の排水中には、SS成分や油分、またそれを除去する洗剤（界面活性剤）も多量に含まれている場合が多く、きわめて凝集分離が困難な排水であるといえる。このため、適切な凝集条件の調査ならびにGALF特有の微細気泡と気泡の高密度発生で対応できるよう基礎的検討を進めている。

浄化例および処理データを表3に示し、図8にこれらの関係をグラフで示す。

表2 ペットボトルフレーク洗浄排水の浄化例

Table 2 Examples of water treatment
for PET-bottle flake washing

浄化例		SS	N- H_4	BOD	COD
PB 洗浄 洗浄水	処理前	490	120	210	370
	処理後	16	7.1	13	34
PB 洗浄 すすぎ	処理前	66	3.6	9.1	14
	処理後	10	3.1	5.8	11

(単位: mg/L)

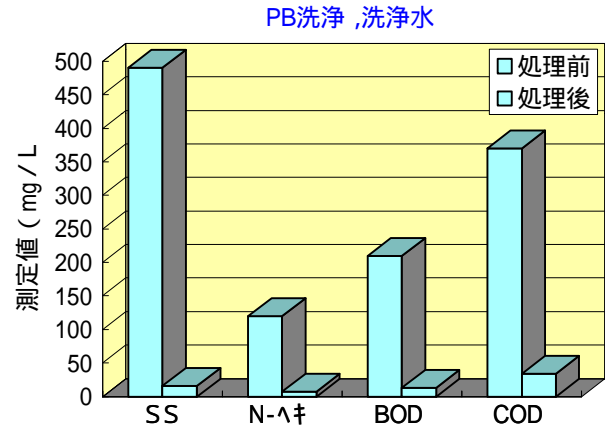


図7 ペットボトルフレーク洗浄排水の浄化例

Fig.7 Examples of water treatment
for PET-bottle flake washing

4.4 異種技術との組み合わせ

以上の浄化例が示す通りBSシリーズは、SS成分および油分の分離除去に対して優れた能力を有している。N-ヘキサン抽出物質に関しては、下水放流でも鉱油類含有量5mg/L以下、動植物油類含有量30mg/L以下と規制が厳しく（昭34.政令147 下水道法施行令9条の5）[18]、当システムの有効性が伺える結果となっている。なお、BODやCOD成分など溶解性物質の除去に関しては、当システムのみでの処理効果は得られにくい。河川放流や上水道レベルまでの浄化が必要である場合は、生物処理による有機物分解や、膜処理による精密分離を後処理にて行うことが有効である。現在、専門メーカーなどとの技術提携を推進し、水処理システムの拡大展開を検討中である。

5. おわりに

地球環境の保全が大きく見直されつつある今日、人々が健全で明るい未来に向けて如何なる行動を成すべきが常に模索しているなか、独自のGALF技術を応用したBSシリーズの提案はその一端を担うことができるものであると、われわれは考えている。「人と機械の最適環境の創造」が当社HMIソリューションのコンセプトであり、当技術によって人と本システムとの良好な関係が実

表3 洗浄排水の浄化例

Table 3 Examples of water treatment
for washing waste

浄化例		SS	N- H_4	BOD	COD
インタルマツ 洗浄水 1	処理前	2200	1600	400	210
	処理後	10	2.3	43	43
インタルマツ 洗浄水 2	処理前	230	110	92	91
	処理後	10	1.9	13	47
機械 洗浄水	処理前	240	63	1500	4200
	処理後	10	8.4	590	1700

(単位: mg/L)

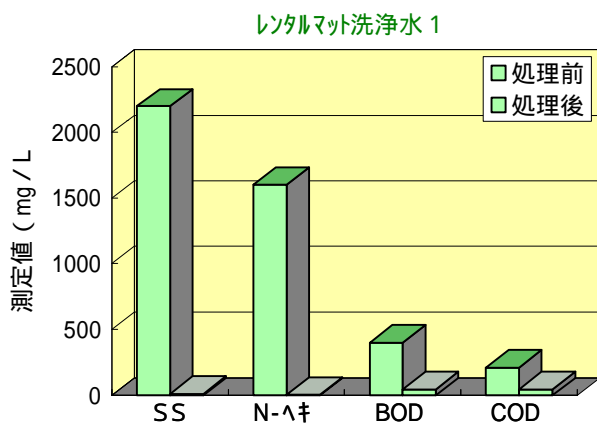


図8 洗浄排水の浄化例

Fig.8 Examples of water treatment
for washing waste

現したが、本システムは「人と地球の最適環境の創造」を実現するアイテムでもある。いわばHEI (Human Environment Interface) が、GALF 技術最大のコンセプトであるとわれわれは確信するとともに、さらなる地球環境保全の役目を担うべく、独自の研究ならびに技術開発を推進する所存である。

最後に、当システムの提案およびご導入におきましてユーザ各位には、多数のご指摘ならびに絶大なご協力を受け賜りましたことを心より深く感謝申し上げます。また、基礎技術の確立と応用を検討いただきました当社研究開発部をはじめとする関係各位に心からの感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] 寄本 勝美・ほか1名：省資源・リサイクル社会の構築，(株)ぎょうせい，1996年
- [2] 松村 隆：公害対策基本法から環境基準法へ，資源環境対策，vol.30，No.1(1994)，p.3-8
- [3] 角倉 一郎：環境基本法の制定とその概要，資源環境対策，vol.30，No.1(1994)，p.9-14
- [4] 森田 弘昭：環境基本法の概要，下水道協会誌，

vol.31，No.365，1994/1，p.41-44

- [5] 小川 晃範・ほか1名：環境保全における経済的手法の活用，資源環境対策，vol.30，No.1(1994)，p.15-20
- [6] 通商産業省立地公害局監修：三訂・公害防止の技術と法規（水質編），(社)産業公害防止協会，1987年
- [7] 堀 登紀男・ほか3名：加圧浮上分離への GALF システムの適用について，IDEC REVIEW 1994，p.11-17
- [8] 中山 正明・ほか2名：画像処理を用いた微細気泡の定量計測，IDEC REVIEW 1996，p.42-53
- [9] 柏 雅一・ほか3名：加圧管路方式による微細気泡の生成，日本機会学会関西支部第72期定時総会講演論文集，No.974-1，1997，p.4-9-4-10
- [10] 柏 雅一・ほか2名：加圧管路方式を用いた微細気泡生成に及ぼす減圧管路の影響，日本機会学会創立100周年記念補記陸信越支部記念式典・講演会・公開シンポジウム講演論文集，No.977-1，1997，p.239-239
- [11] 中山 正明・ほか2名：画像処理による微細気泡の定量計測，日本機会学会創立100周年記念補記陸信越支部記念式典・講演会・公開シンポジウム講演論文集，No.977-1，1997，p.237-238
- [12] 堀 登紀男・ほか3名：加圧管路方式による微細気泡の生成，第6回日本オゾン協会年次研究講演会講演集，1997，P.181-184
- [13] 初田 導弘：食品工場における加圧浮上分離による排水処理，食品工業，1977-5.30，p.57-63
- [14] 山際和明・ほか7名：加圧形エジェクター (GALF) によるガスの溶解特性，化学工学会群馬大会研究発表講演会要旨集，1997，p30
- [15] L.K.Edzwald et al.: "A conceptual model for dissolved air flotation in water," Water Supply, Vol.9, Jonkoping, 1991, p.141-150
- [16] Sander E.de Rijk et al.: "Bubble size in flotation thickening," Wat.Res. Vol.28, No.2, 1994, p.465-473
- [17] 容器包装リサイクル法 DATA BASE，
<http://www.nippo.co.or.jp/yorecy.html>
- [18] みずの基準，
<http://www.kea.or.jp/qkan/water.html>

執筆者

- *1) システムソリューション部 エコシステム担当
- *2) システムソリューション部 エコシステム担当
- *3) システムソリューション部 エコシステム担当
- *4) システム販売部 関西システム販売課 所属
- *5) システムソリューション部 エコシステム担当 リーダー