

巻頭言

環境関連市場の変化に対応した商品を

名出康雄

環境施設小特集

| | | | |
|-------|--------------------------|------------------|----|
| 論文・報告 | バイオメテック脱臭法 | 三木康平, 幕田啓二 | 1 |
| | アバタイト法によるリン回収システム | 伊藤俊彦, 梁瀬克介 | 5 |
| | 産業廃水処理の市場ニーズ変化への対応 | 外村圭吾, 田中孝一 | 9 |
| | バイオマス焚き循環流動層ボイラ発電設備の操業実績 | 西山嘉典, 松本昭彦, 伊藤一芳 | 13 |
| | ロータリーキルンの廃棄物再資源化への適応 | 鉄山一州 | 19 |
| | 清掃工場における灰熔融設備の安定稼働への取り組み | 篠原正都, 林真介 | 23 |
| 技術解説 | カスケード式汚泥かき寄せ機 | 早川稔 | 27 |
| | 廃プラスチック受入れ貯留装置 | 飯田聡, 河上勇 | 29 |

論文・報告

| | | |
|-------------------------|-----------------------------|----|
| MEMSを用いたサージ光抑制器の開発 | 三玉一郎, 平田徹, 阿部昌博, 牧田紀久夫, 芝和宏 | 31 |
| 人工衛星搭載用断熱消磁冷凍機の開発 | 金尾憲一, 長谷部次教, 鶴留武尚, 檜崎勝弘 | 35 |
| 短期間立体交差化工法における杭頭接合構造の開発 | 吉田達矢, 荒居祐基, 浅井一浩 | 39 |
| 上部斜面スリット防波堤の波圧算定法の提案 | 江崎慶治, 堀重雄, 荒居祐基 | 43 |

新製品紹介

| | |
|--------------------------|----|
| パラマックス 9000シリーズ コンベヤ用減速機 | 47 |
| 超小型成形機 SE7M | 48 |
| ZnO成膜試験装置 | 49 |
| 油圧ショベル SH700LHD・3B | 50 |
| 合板整列装置 | 51 |

On Publishing Special Section of Environmental System

Yasuo NAIDE

Special Section of Environmental System

| | | | |
|--|---|--|-----------------|
| T/PAPER | Biomimetic Deodorization Method | Kohei MIKI, Keiji MAKUTA | 1 |
| | Phosphorus Recovery System by Apatite Method | Toshihiko ITO, Katsusuke YANASE | 5 |
| | Correspondence with Market Changes in Industrial Wastewater Treatment | Keigo TONOMURA, Koichi TANAKA | 9 |
| | Operation Results of Biomass Fired CFB Boiler Power Station | Yoshinori NISHIYAMA, Akihiko MATSUMOTO, Kazuyoshi ITOH | 13 |
| | Application of Rotary Kiln to Waste Recycling | Isshu TETSUYAMA | 19 |
| | Stable Operation of Ash Melting Furnace in MSW Incineration Plant | Masato SHINOHARA, Shinsuke HAYASHI | 23 |
| | T/INVITATION | Cascade Type Sludge Collector | Minoru HAYAKAWA |
| Receive & Stock Device for Waste Plastic Package | | Satoshi IIDA, Isamu KAWAKAMI | 29 |

T/PAPER

| | | |
|---|--|----|
| Development of MEMS-based Optical Surge Suppressor | Ichiro MITAMA, Toru HIRATA, Masahiro ABE, Kikuo MAKITA, Kazuhiro SHIBA | 31 |
| Development of Space-borne Adiabatic Demagnetization Refrigerator | Ken-ichi KANAOKI, Tsuginori HASEBE, Takehisa TSURUDOME, Katsuhiro NARASAKI | 35 |
| Development of Connection between Steel Pile and Steel Pier for Rapid Construction Method | Tatsuya YOSHIDA, Masaki ARAI, Kazuhiro ASAI | 39 |
| Empirical Formulas of Wave Pressure for Inclined Slit Wall Caisson | Keiji ESAKI, Shigeo HORI, Masaki ARAI | 43 |

NEW PRODUCT

| | |
|--|----|
| PARAMAX 9000 Series Conveyor Drives | 47 |
| Micro Injection Molding Machine SE7M | 48 |
| Reactive Plasma Deposition for ZnO Thin Film | 49 |
| Hydraulic Excavator SH700LHD-3B | 50 |
| True Up Machine for Edges of Stacked Plywood | 51 |

環境施設小特集号発行にあたって

環境関連市場の変化に対応した商品を



専務執行役員 名 出 康 雄

2005年7月1日をもってプラント・環境事業本部を発展的に解消し、新たに「水環境事業部」と「エネルギー環境事業部」の二つの事業部に再編成いたしました。その趣旨は、各々の事業のマネージメントの違い、とりわけ両事業をさらに発展させて行くための重点施策が大きく異なっていることからそれぞれの事業に集中特化した事業運営を行う、という目的です。

環境ビジネスにとって大きなインパクトを持つ、京都議定書が2005年2月に発効したことに象徴されるように、住みよい環境を守り築くという意識が近年人々の中に広まり、また世界の大きな関心事・行動規範にもなってきています。

日本では1970年代、1980年代に環境保全、省エネルギーに対する社会的関心が広まり、法令の整備および環境設備の設置・社会資本の整備が進行し、その結果河川の汚濁度は大きく改善し、青い空が戻り、全体として良好な生活環境を取り戻しつつあります。一方、それと同時に新たな環境汚染物質も認識され、その対応が急がれています。

この間、政府の環境施策また人々の環境改善の要求内容は、時代とともに変化してきました。

環境ビジネスの黎明期は、生産設備（工場）や生活エリア（家庭）から排出される汚濁物質（排水および排ガス中の）を除去し、環境目標値以下に処理をし自然環境に戻すということが主体の事業でした。いわば「生産設備・生活」と「環境保全設備」が別物と認識され、それぞれが独自の目的をもって技術発展を図ってきました。

しかし十数年前から、廃棄物を単に汚濁物質として捉えるのではなく廃棄物中の有価物を回収して生産ラインに戻そう、生産ラインまでは戻せなくても廃棄物中の潜在エネルギー・有価物を電気エネルギー・再利用物に変換しようという再資源化の方向が追求され、分離・反応・燃焼・搬送などの要素技術をベースに廃棄物処理・リサイクル技術が急速に発展してきました。つまり、廃棄物の排出 → 廃棄物処理 → 最終処分という一方通行でなく、生産現場・需要家へのリサイクル・リユースの動きが加速されてきました。

地球温暖化防止のためのCO₂削減、限りある資源の有効利用および廃棄物処分場の延命化という時代の要請もあり、今後ますますこの傾向が強まることが予測されます。

当社でもこの間、バイオマス発電設備、高速メタン発酵設備、キルン型焼却・溶融設備およびリサイクル設備などの技術開発に注力し、資源再利用型商品として市場に供給し、顧客の皆様から高い評価を受けてきました。

今後も資源再利用の技術の開発・商品化に注力すると同時に、環境要求値の強化に対応できる商品技術および省エネルギー・容易なメンテナンスの市場競争力のある商品作りなどに注力し、住み良い環境作りに貢献して行く所存です。

今回の環境施設小特集号では、その一部の成果を紹介させていただきますので、ご高覧いただければ幸いです。

バイオミメティック脱臭法

Biomimetic Deodorization Method

三木 康平* 幕田 啓二*
Kohei MIKI Keiji MAKUTA



バイオミメティック脱臭試験装置
Biomimetic deodorization test equipment

下水処理場では、排水・汚泥などから悪臭が発生するため脱臭設備が設けられている。臭気濃度が高く変動が大きい臭気源に対しては、脱臭性能の不足や活性炭処理などの維持費に負担がかかるケースがあり、より変動に強い処理技術が求められる。

金属フタロシアニン脱臭法はバイオミメティック脱臭法の一つであり、経済的で変動に強い脱臭技術と位置づけられている。本報では、金属フタロシアニン脱臭法を下水臭気処理に適用すべく下水処理場においてパイロットスケールの実証試験を実施した。試験結果、適用性および技術効果を紹介する。

Deodorization equipments are installed at sewerage treatment plants for removing odors occurred from wastewater and sludge. In order to treat a high level or varying levels of odor emission, an effective treatment technology is required. In some cases, an insufficient capacity of odor elimination or expensive maintenance cost for treating activated carbon was experienced. Hence more resistant deodorization technologies to higher fluctuations are required. The metallo-phthalocyanine deodorization method is one of the biomimetic deodorization methods, to be more economical and resistant to higher fluctuations. And we have conducted a pilot scale field test at a sewerage treatment plant so as to apply it to sewerage odor treatment. This paper describes the test results, its applicability and technological effects.

1 まえがき

金属フタロシアニンは図1に示す構造を有し、中央Mの位置にFe、Coなど金属イオンが配位し錯体を形成している。金属フタロシアニンは硫化水素など臭気成分を触媒的に酸化分解し、その反応過程が生体内の酵素反応と類似していることからバイオミメティック（生態模倣）脱臭と呼ばれている。金属フタロシアニン消臭液は酸素共存下臭気成分を常温・常圧で触媒酸化し、消臭液は繰り返し使用することができる。

下水処理施設の流入部においては、分水などによる下水の流入に伴い硫化水素・メチルメルカプタンを主成分とする臭気成分が気相に放散される。この臭気は流出入頻度および季節変化などによる濃度変動が大きく、臭気対策も変動に強い低コストの処理技術が求められている。

金属フタロシアニン消臭液を用いたバイオミメティック脱臭法はこれら臭気対策の有力な候補技術であり、実ガスでの性能評価を目的に下水処理場においてパイロットスケールの脱臭試験を行った。

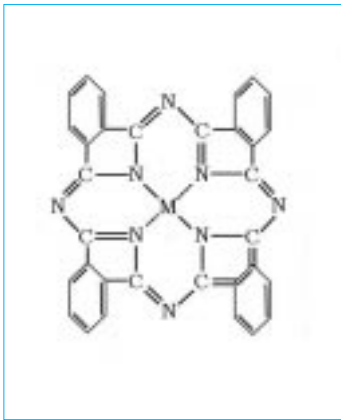


図1 金属フタロシアン
Metallo-phthalocyanine

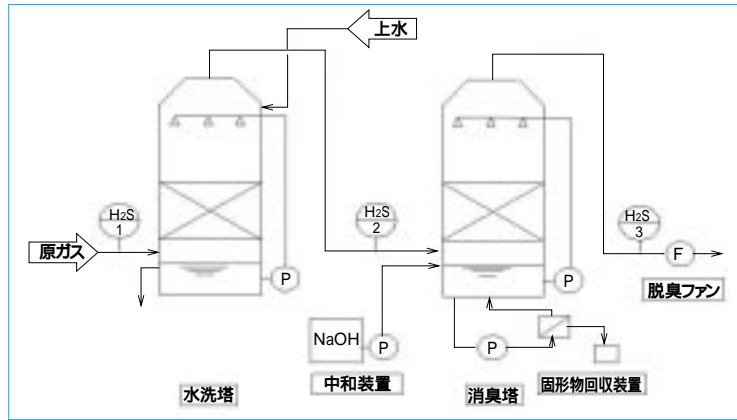


図2 脱臭試験プロセス
Deodorization test process

2 脱臭試験

2.1 試験装置

パイロットスケール試験装置およびプロセスを、冒頭の写真および図2に示す。試験装置は、テラレットを充てんした水洗塔（内径348mm）と消臭塔（内径442mm）で構成される。水洗塔はアンモニアおよび粉塵を水へ取り込み除去するためのもの、消臭塔は金属フタロシアン消臭液による脱臭を行うものである。

原ガスは分水設備気相部より採取され、充てん塔底部へ給気される。消臭塔上部から下向流で流下する消臭液は、塔底よりポンプにて循環される。硫化水素が酸化されて生成する懸濁性の硫黄は、固形物回収装置で除去される。

金属フタロシアン脱臭処理の後段処理として、活性炭充てんカラム（内径34mm）で活性炭処理効果を確認した。

2.2 試験方法

金属フタロシアン消臭液による脱臭性能を確認するべく、 pH ・通気量をパラメータとした短期試験を実施した。連続試験では、主に脱臭処理の安定性を確認した。

2.2.1 パラメータ評価試験

消臭液の pH と臭気ガスの通気量が脱臭性能に与える影響を調べた。脱臭性能は、処理ガス中臭気成分濃度、原ガスに対する処理ガスの臭気成分除去率および臭気成分除去率より得られる HOG （総括移動単位高さ）データにて評価した。

充てん塔のガス吸収操作において、充てん物の所要高さは $Z = NOG \times HOG$ で求められる。（ NOG 単位移動数）

パラメータ評価試験の運転条件を以下に示す。

- 通気量 1.1 ~ 6 m^3/min
- 通液量 9 ~ 23 /min（水洗塔）
9 ~ 22 /min（消臭塔）
- 補給水 2 - 上水/min（水洗塔）
- 消臭液 pH 8.6 ~ 11.0（消臭塔）
- 充てん高さ Z 0.75m（水洗塔） 1m（消臭塔）

2.2.2 連続試験

パラメータ評価試験に続き、次の条件にて連続処理試験を実施した。（9月4日～9月19日）水洗塔は、アンモニアの除去が不要であったことから停止した。

- 通気量 2.2 m^3/min
- 通液量 18 /min

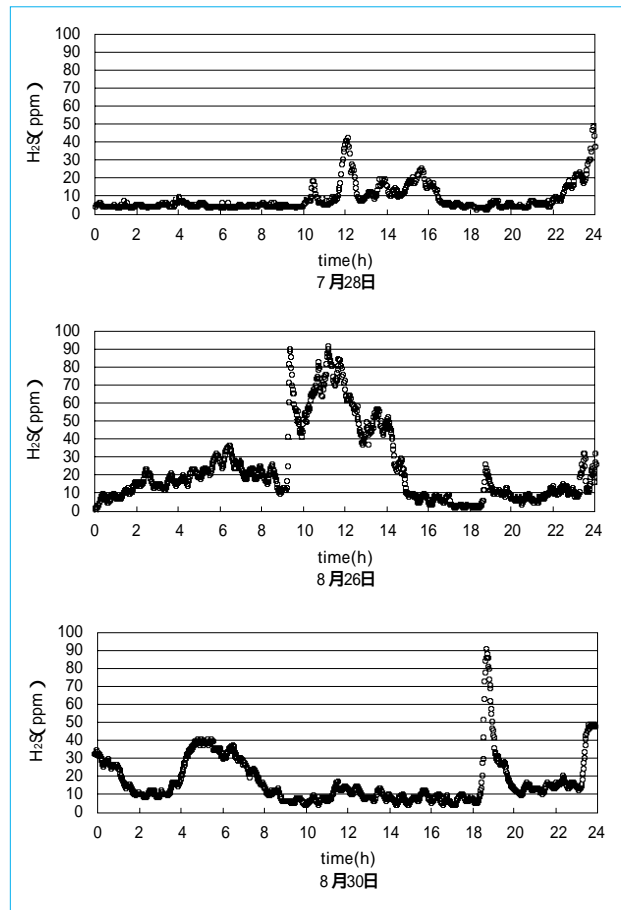


図3 H₂Sモニタ値
Measured value of H₂S

消臭液 pH 9.4

充てん高さ Z 1.5m

活性炭処理試験は、消臭塔出口ガスを対象に酸性炭・中性炭・アルカリ性炭充てんカラムを直列接続し、空間速度約300 (h^{-1})にて実施した。

2.3 試験結果

2.3.1 原臭気

硫化水素濃度計を用い原臭気をモニタした結果、 H_2S 濃度には大きい時間変動が見られた。測定期間（7月17日～9月19日）中 H_2S 濃度は数ppmから300ppmの間を不規則に上下した。日間モニタ例を、図3に示す。

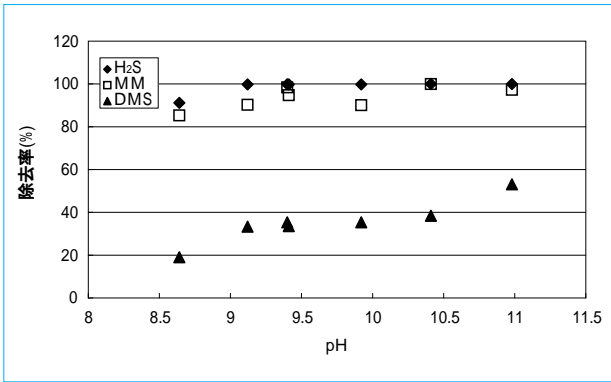


図4 pHの臭気成分除去率に与える影響
Effect of pH on deodorization

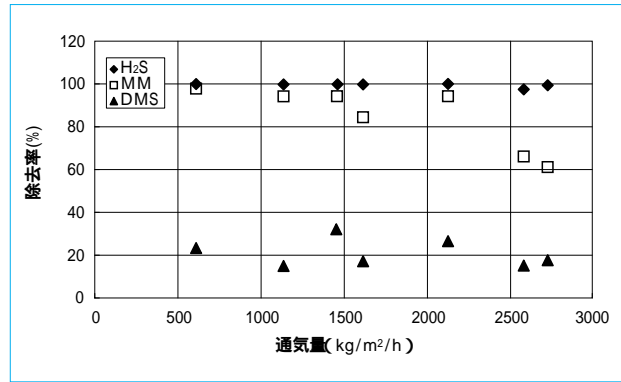


図5 通気量の臭気成分除去率に与える影響
Effect of gas flow rate on deodorization

同期間中原臭気の平均的成分割合 (%) は、 $H_2S : MM : NH_3 : DMS : DMDS = 90.3 : 7.3 : 1.3 : 0.8 : 0.3$ であった。

注) MM メチルメルカプタン, DMS 硫化メチル, DMDS 二硫化メチル

2.3.2 pH・通気量と脱臭性能

pHの除去率に与える影響

消臭液pHに対する H_2S , MM, DMSの消臭塔除去率を、図4に示す。pH8.6では3成分とも除去率が低く、pHの上昇とともにMMおよびDMSの除去率がやや高まる傾向が見られる。中間のpH9~10程度では3成分の除去率はほぼ安定、主成分の H_2S およびMMについては高い除去率が得られている。標準運転条件は、 CO_2 吸収によるアルカリ消費が抑制できるpH9~10に設定する。

通気量の除去率に与える影響

通気量に対する臭気成分除去率の関係を、図5に示す。 H_2S およびMMとも、通気量が小さいほど除去率が高くなる傾向が見られた。 H_2S 除去率は、通気量G 1330 /m²/h以下で99.9%に達した。MMは、通気量に対する除去率の変化が H_2S より大きい。G 880 /m²/h以下で、約97%のMM除去率が得られた。DMSは、20~40%程度の除去率に止まった。

金属フタロシアニン消臭液による脱臭性能

一定の運転条件に設定した連続試験では、原臭の濃度変動にかかわらず H_2S 除去率はほぼ99.9%以上を維持し、消臭塔入口 H_2S 46ppm時消臭塔出口 H_2S は0.007ppmに低減した。MMは95%程度の除去率で推移し、消臭塔入口2.48ppm時消臭塔出口は0.16ppmに低減した。DMSは、20%前後の除去率で推移した。結果を、図6に示す。図7は、連続試験中の消臭塔入口出口の H_2S 濃度(モニタ値)である。金属フタロシアニン消臭液を用いた脱臭では、原臭濃度が変動しても高い H_2S 除去率で安定した脱臭性能が維持されていることがわかる。

活性炭処理

連続試験において2ケースの臭気濃度を実測した。消臭塔入口ガス臭気濃度98000および130000に対し、消臭塔出口ガスはそれぞれ9800および17000であった。これら消臭塔出口ガスに対し活性炭処理を行った結果、活性炭入口臭気濃度9800および17000に対し、処理ガス臭気濃度は排出目標値300を大幅に下回る、23, 10未満に

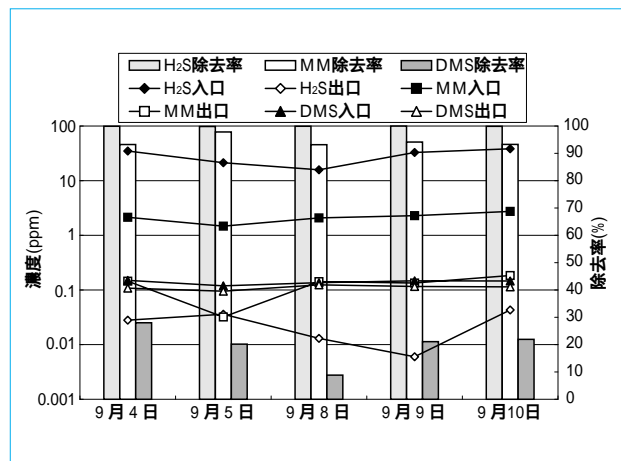


図6 連続脱臭試験結果
Continuous deodorization test results

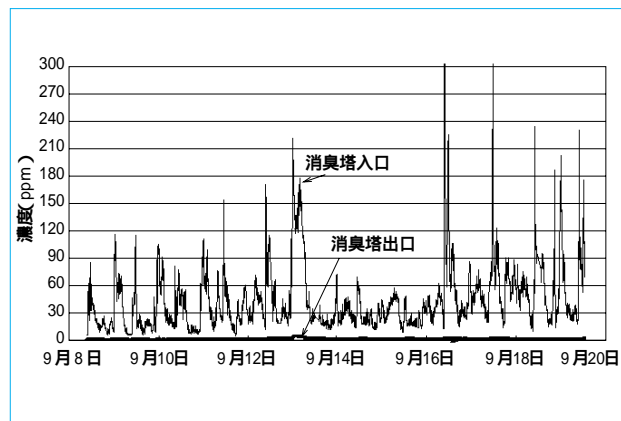


図7 連続試験結果 (H_2S モニタ値)
Measured value of H_2S concentration

低減した。

2.3.3 HOGデータ

硫化水素

パラメータ評価試験・連続試験より求めた H_2S に関するHOGを通気量に対しプロットしたものが図8である。原臭気の変動に起因すると思われるばらつきが見られるが、通気量G = 617 ~ 2770kg/m²/hでHOG 0.1 ~ 0.3mが得ら

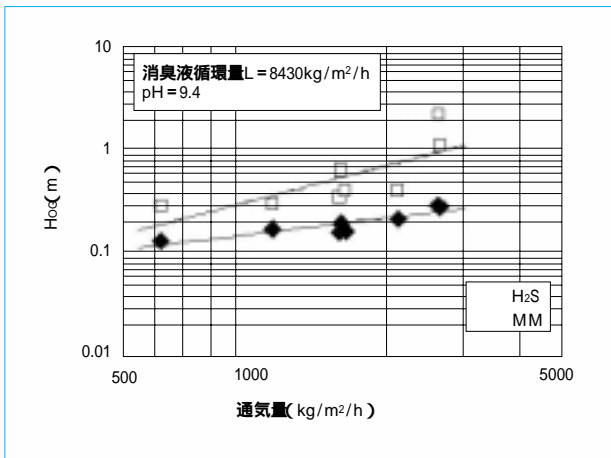


図8 Hogデータ
Hog data

れた。

メチルメルカプタン

MMのHogも図8に合わせてプロットした。脱臭効果はH₂Sよりやや劣るが、Hog 0.2～1mが得られた。

2.3.4 圧損データ

水マノメータで充てん塔の通気圧力損失を測定した結果を、図9に示す。通気量2700kg/m²/hでも圧力損失は充てん高さ(テラレットS)当たり12mmH₂O/m程度に止まり、円滑な気液接触が行われているものと判断できる。

3 金属フタロシアニン脱臭法の特徴

金属フタロシアニン脱臭装置は、原臭気濃度の変動に対する迅速な処理の応答性とH₂SおよびMMに対する高い除去性能を有していることが確認された。従来の生物脱臭処理では対応が困難、あるいはコスト高と見られていた臭気源に対しても、処理の可能性を広げる脱臭技術といえる。化学吸収処理であることから消臭塔はコンパクトとなり、高い処理性能の効果により後段の活性炭処理の維持費も低コストとなることが期待される。消臭液は、バイオメティック脱臭として臭気成分を触媒的に除去することから循環使用が可能である。生物に対する毒性も認められておらず、半年に1回程度と見込まれる液更新においても廃液処分の負担は少ない。

4 むすび

金属フタロシアニン消臭液を用いて、下水分水設備臭気を対象に脱臭試験を行った。原臭気のモニタリングを含め得られた結果をまとめて以下に記す。

分水設備原臭気のH₂S濃度は、数ppmから300ppm程度まで大きく変動する。臭気の平均的成分割合(%)は、H₂S : MM : NH₃ : DMS : DMDS = 90.3 : 7.3 : 1.3 : 0.8 : 0.3であった。

金属フタロシアニン消臭液は、強アルカリ性でのCO₂吸収によるアルカリ消費を抑制できるpH9～10でH₂S、MMの高い除去性能を発揮した。

金属フタロシアニン消臭液により、G 1330kg/m²/h以下で99.9%に達するH₂S除去率が得られた。消臭塔入口H₂S46ppmに対し、消臭塔出口H₂Sは0.007ppmに低減

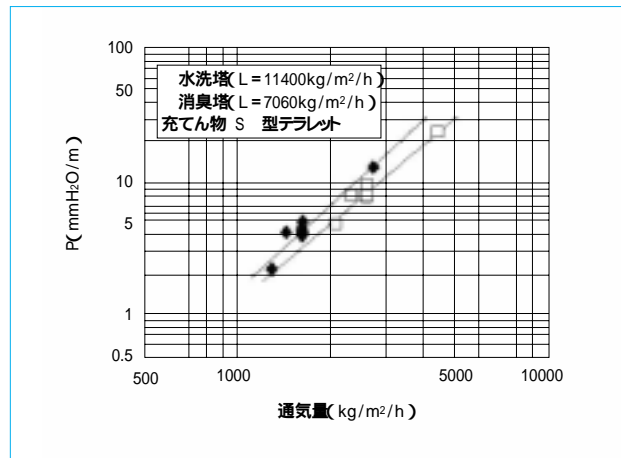


図9 通気圧力損失
Data on pressure loss by gas flow

した。MMについては、通気量G 880kg/m²/h以下で約95%の除去率が得られた。

G = 617～2770kg/m²/hでH₂SのHog 0.1～0.3m, MMのHog 0.2～1mが得られた。コンパクトな充てん高さで高除去率が得られるHogデータである。

消臭塔出口ガスに残留する臭気成分を活性炭処理した結果、活性炭入口臭気濃度9800および17000に対し処理ガス臭気濃度はそれぞれ23, 10未満に低減した。

金属フタロシアニン脱臭装置は、原臭気濃度の変動しても高い臭気除去率を維持することができた。臭気濃度の変動に対し、安定で迅速な処理応答性のあることが確認された。

本試験は、当社、東京都下水道サービス株式会社および中国工業株式会社3社が共同で実施した。

(参考文献)

船山富治. 最新の消臭剤と消臭技術. 工業技術, p.106, 1989.

アパタイト法によるリン回収システム

Phosphorus Recovery System by Apatite Method

伊藤 俊彦* 梁瀬 克介*
Toshihiko ITO Katsusuke YANASE



実証試験設備
Equipment of demonstration test

当社を含めた7社は共同で、し尿と浄化槽汚泥からのアパタイト法によるリン回収システムの実証試験を行った。

このアパタイト法によるリン回収システムは、し尿と浄化槽汚泥を生物処理した処理水にカルシウム剤と水酸化ナトリウムを加えることで、処理水中のリン酸をヒドロキシアパタイトの結晶として析出させ、回収するものである。

実証試験は8ヶ月間行った。その間、様々な条件設定をして試験を行うことで、高いリンの回収率および安定して良好な処理水質が得られる最適な運転条件を得た。

Seven companies including our company jointly carried out the demonstration tests of the phosphorus recovery system by the apatite method. The system recovers phosphoric acid, included in water that biologically treated human waste and septic tank sludge, as hydroxy apatite crystal through the apatite method. The apatite method used for this system is a method for making the crystal of a hydroxy apatite from phosphoric acid which exists in that water by adding the calcium agent and the sodium hydroxide respectively. The demonstration tests have been carried out for eight months, and found the optimum operating condition for a high phosphorus recovery with an acceptable quality of the treated water.

1 まえがき

近年、生物体を構成する必須元素の一つであり、肥料の重要成分の一つでもあるリンは、地球規模でその枯渇が懸念されている。また、リンは湖沼や内湾に流出すると富栄養化の原因となることが知られており、排水からの除去も求められている。そのような中、日本では国内で消費するリンのほとんどを輸入に依存している状態であり、環境保全や循環型社会の構築には、消費されるリンの回収および再利用が大変重

要となっている。

こうした状況に対応すべく浅野工事株式会社、アタカ工業株式会社、株式会社荏原製作所、株式会社クボタ、住友重機械工業株式会社、株式会社西原環境テクノロジーおよび三菱重工業株式会社の7社は、国内で排出されるし尿および浄化槽汚泥に含まれる年間9千t余りのリンに着目した。そして、汚泥再生処理センターにおいて、し尿などを生物処理した後に残留する高濃度のリンを、アパタイト法を用いてヒドロキシアパタイトとして回収する実証試験を実施した。

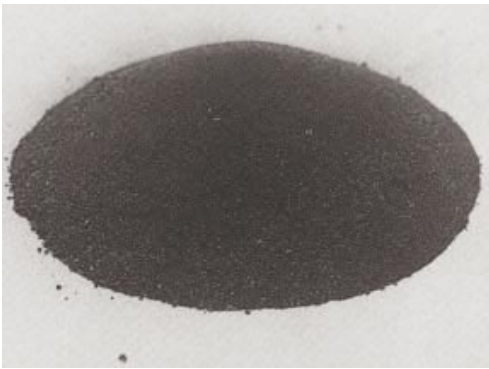


図1 ヒドロキシアパタイト
Hydroxy apatite

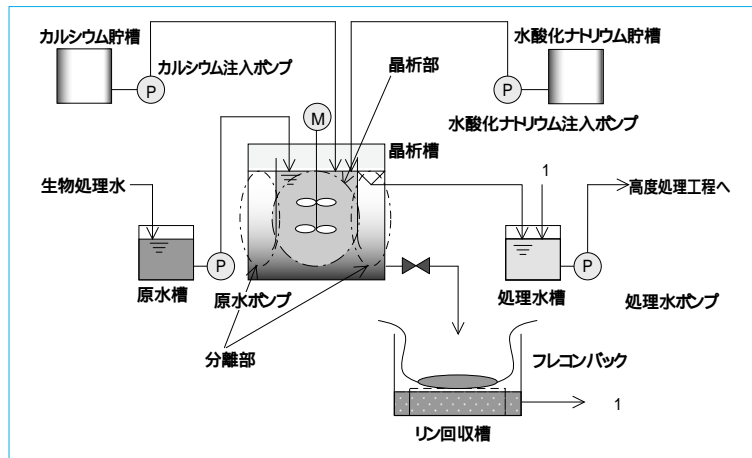


図2 リン回収システム
Phosphorus recovery system

表1 実証試験の運転条件
Operating condition of respective demonstration tests

| 試験項目 | 試験内容 | | | | | 試験期間 |
|---------|--|---------------|----------|------------------|---|--------------|
| | pH | 槽内粒子濃度 (mg/) | 滞留時間 | SS (mg/) | Ca添加量 (mg/) | |
| RUN 1 | 低濃度リン酸 (T - P = 30mg/) に対する試験 | | | | | 9/2 ~ 12/27 |
| RUN 1 - | 7.3 ~ 7.4 | 20000 | 2 時間 | - | 2.15 × 原水PO ₄ - P濃度 + 100 - 原水Ca濃度 | 9/2 ~ 10/3 |
| RUN 1 - | 同上 | 同上 | 同上 | - | 2.15 × 原水PO ₄ - P濃度 | 10/4 ~ 10/31 |
| RUN 1 - | 7.3 ~ 7.9 | 20000 ~ 40000 | 1 ~ 2 時間 | - | RUN 1 - に準じる | 11/5 ~ 12/27 |
| RUN 2 | 高濃度リン酸 (T - P = 100mg/) に対する試験 ¹ | | | | | 1/6 ~ 2/12 |
| RUN 2 - | 7.8 ~ 7.9 | 40000 | 2 時間 | - | RUN 1 - に準じる | 1/6 ~ 2/4 |
| RUN 2 - | 7.5 ~ 7.6 | 同上 | 同上 | - | 同上 | 2/5 ~ 2/12 |
| RUN 3 | 原水の性状変化などの影響確認試験 | | | | | 2/13 ~ 4/23 |
| RUN 3 - | 7.5 ~ 7.6 | 40000 | 2 時間 | 100 ² | RUN 1 - に準じる | 2/13 ~ 3/4 |
| RUN 3 - | 同上 | 同上 | 同上 | 200 ² | 同上 | 3/5 ~ 3/27 |
| RUN 3 - | 同上 | 同上 | 1 時間 | 100 ² | 同上 | 4/1 ~ 4/23 |

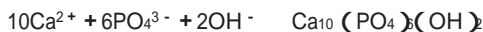
- リン酸試薬を外添し、高負荷の生物処理水の標準的リン濃度になるように調整した。
- 生物膜原水を添加し、重力式固液分離法の生物処理水と同様の水質となるよう調整した。

2 実証試験方法

2.1 原理

アパタイト法は、し尿などを生物処理した後のリン酸態のリンを含む水を、晶析槽の晶析部内にあらかじめ流動させたヒドロキシアパタイトの種結晶と接触させ、そこに適量のカルシウム剤と水酸化ナトリウムを添加することによって、種結晶の表面にヒドロキシアパタイトの結晶を析出させてリンの回収を行うものである。下にその化学式を、し尿などを生物処理した後の水から得られたヒドロキシアパタイトを、図1に示す。

種晶



2.2 試験設備概要

冒頭の写真が、実証試験設備の全容である。また、アパタイト法によるリン回収システム(実証試験設備)のフローを、図2に示す。本システムは、汚泥再生処理センター(し尿処理施設)において生物学的脱窒素処理設備と高度処理設備の間に組み込むものであり、晶析槽と薬品注入設備を中心に構成される。

し尿などの生物処理水(原水)を、ヒドロキシアパタイトの晶析反応を行う晶析槽へ定量的にポンプ移送する。晶析槽は晶析部と分離部の二重筒構造となっており、内筒の晶析部に原水を供給する。晶析部では原水に対して適量のカルシウム剤(CaCl₂10%溶液)の添加、槽内のpHを調整する水酸化ナトリウム(NaOH5%溶液)の添加をそれぞれ行うことで、原水中に溶解しているリン酸態のリンをヒドロキシアパタイトの結晶として析出させる。この晶析部では、あらかじめ晶析の種(核)となるヒドロキシアパタイトの結晶が攪拌機によって均一に流動した状態になっている。晶析部流入後の原水は、晶析反応後外筒の分離部において、晶析して粒径が大きくなったヒドロキシアパタイトと処理水とに固液分離される。そして処理水は次工程の高度処理設備へ、沈降分離したヒドロキシアパタイトは槽底部から定期的に引抜きを行い回収する。

2.3 試験方法

実証試験は、茨城県ひたちなか市的那珂湊衛生センター(計画処理量 38m³/日、処理方式 膜分離高負荷脱窒素処理方式 + 高度処理)の敷地内において、2002年9月から2003年4月までの期間で行った。実証試験設備の処理規模は2m³/日を基本とした。表1に、詳細な実証試験の運転条件を示す。運転条件は、三つの項目(RUN 1として低濃度のリン酸に対

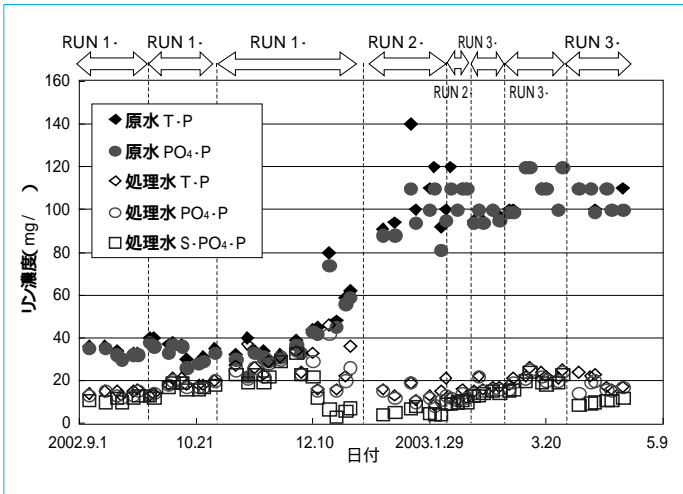


図3 リン濃度の経日変化
Experimental results about phosphorus concentration

表2 リンの回収率
Experimental results about recovery rate of phosphorus

| | 回収率 (%) | | |
|---------|---------|------|------|
| | 平均値 | 最大値 | 最小値 |
| RUN 1 - | 59.8 | 65.8 | 53.1 |
| RUN 1 - | 42.3 | 47.2 | 34.6 |
| RUN 1 - | 31.7 | 66.7 | 3.1 |
| RUN 2 - | 87.8 | 92.5 | 82.7 |
| RUN 2 - | 87.9 | 89.1 | 86.3 |
| RUN 3 - | 83.9 | 89.1 | 78.0 |
| RUN 3 - | 80.6 | 82.5 | 79.2 |
| RUN 3 - | 84.5 | 85.5 | 83.0 |

する処理状況，RUN 2として高濃度のリン酸に対する処理状況，そしてRUN 3として供給原水の性状変化などの影響)の確認を目的にそれぞれ設定した。

3 実証試験結果

実証試験の結果として図3にリン濃度の経日変化を，表2にリンの回収率をそれぞれ示す。(図3および文中のT・P，PO₄-PおよびS・PO₄-Pはそれぞれ総リン，リン酸態リンおよび溶解性リン酸態リンを表す)

2.3試験方法で示した，各条件における試験結果について順に報告する。

低濃度のリン酸に対し，設定した基本条件において長期の安定運転確認を主目的としたRUN 1- では，

リン酸態リンの回収率

$$\left(= \frac{(\text{原水PO}_4\text{-P}) - (\text{処理水PO}_4\text{-P})}{(\text{原水PO}_4\text{-P})} \times 100 \text{として算出} \right)$$

は平均59.8%であった。処理水中のリン酸態リン濃度は平均13.5mg/であった。(単に「回収率」および「処理水リン濃度」と表記)

安定して運転できることを確認後，カルシウム剤添加量の検討を目的に行ったRUN 1- では，添加量を定量的に削減した(計算により求められる必要添加量とおりとした)ところ回収率は平均42.3%と低下し，処理水中のリン濃度も平均18.0mg/と若干RUN 1-と比較して悪化した。

そして，処理量と各運転条件のバランスの確認を目的に行ったRUN 1- では，一度RUN 1-の設定に戻した後，晶析部内の滞留時間を1時間に変更して試験を行った。数日経過しても槽内のヒドロキシアパタイトの粒子濃度は高まらず，回収率も低下したことから，滞留時間を2時間に戻して運転を続けた。しかし，それでも状態が改善されなかったため，晶析槽内のpHを7.8から7.9の間でコントロールするようにし，槽内のヒドロキシアパタイト粒子の初期濃度も40000mg/に設定して運転を再開したところ，回収率は最大66.7%まで回復した。処理水の水質も回収率が回復した頃には15.0mg/程度となったが，RUN 1-全体で平均して

みると25.4mg/という結果であった。

次に，想定される範囲内で設備へのリン濃度負荷を高めて試験を行った。まず，RUN 2-では，回収率は平均87.8%，処理水リン濃度も平均12.1mg/と原水のリン濃度によらず良好であったが，回収したヒドロキシアパタイトの粒子径が小さくなり脱水性が若干悪くなった。そこで脱水性を改善すべくRUN 2-に示すようにpHを7.5から7.6の間でコントロールするように調整して運転を行った。すると，RUN 2-時の良好な回収率および処理水質を維持しながら回収したヒドロキシアパタイトの粒径を大きくすることができ，脱水性を改善することができた。図4および図5に，RUN 2-およびRUN 2-におけるヒドロキシアパタイトを示す。

RUN 3-およびRUN 3-においては，重力式固液分離方式の生物処理水を想定し，SS成分(浮遊物質)が含まれている那珂湊衛生センターの膜処理を行う前の生物処理水を原水に添加して試験を行った。それは，2.2試験設備概要でも述べたとおり，本設備が生物学的脱窒素処理設備と高度処理設備の間に組み込むものであり，生物学的脱窒素処理設備における固液分離方式には本実証試験のような膜分離方式によるものではない場合もあるからである。いずれの方式であってもアパタイト法が適応できることの確認に上記のような操作を行い，試験を行った。この試験より，原水SS濃度が200mg/程度までは回収率80%以上，処理水リン濃度は概ね20mg/以下を達成することが可能であり，十分適応できることがわかった。

RUN 3-では，RUN 1-と同じ滞留時間1時間での処理について再検証を行った。この時，原水負荷量はRUN 1-の時よりも高かったにもかかわらず回収率は平均84.5%，処理水リン濃度は平均16.0mg/と良好な結果が得られた。これより，晶析槽の晶析部内粒子濃度を40000mg/程度に保つことおよび晶析槽内のpHを7.5前後で制御することが重要であると考えられた。

表3に，回収されたヒドロキシアパタイトの成分分析結果を示す。回収したヒドロキシアパタイトの品質は，肥料取締法に基づく「副産りん酸肥料の公定規格」で示されているく溶性りん酸の最小含有量は15%以上であるのに対して，本実

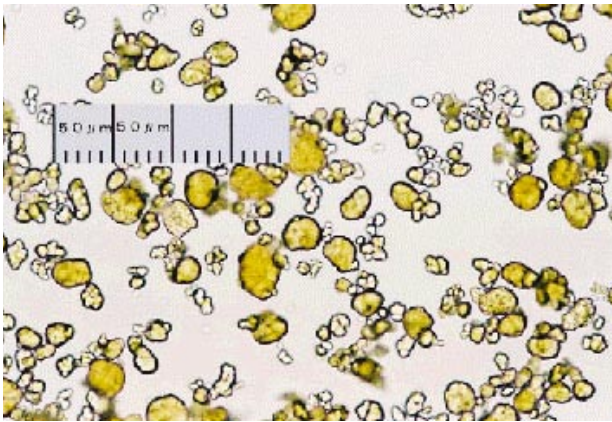


図4 RUN 2 - の条件下で得られたヒドロキシアパタイト
Hydroxy apatite collected under condition of " RUN 2 - "

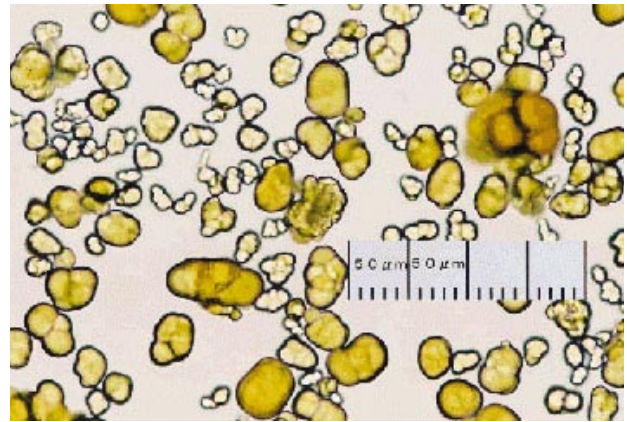


図5 RUN 2 - の条件下で得られたヒドロキシアパタイト
Hydroxy apatite collected under condition of " RUN 2 - "

表3 回収されたヒドロキシアパタイトの成分分析結果
Result of analyzed component in collected hydroxy apatite

| 項目 | 単位 | RUN 1 - | RUN 2 - | RUN 3 - | RUN 3 - | RUN 3 - | 備考 |
|------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|
| く溶性りん酸 | % (dry) | 32.2 | 34.8 | 35.8 | 33.6 | 36.1 | |
| As | mg/kg (dry) | 2.5 | 3.1 | 0.6 | <0.5 | 0.6 | 1200 50 |
| | % (く溶性りん酸1%当たり) | 7.8×10^{-6} | 8.9×10^{-6} | 1.7×10^{-6} | $<1.5 \times 10^{-6}$ | 1.7×10^{-6} | く溶性りん酸の含有率1%につき0.004% |
| Cd | mg/kg (dry) | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 45 5 |
| | % (く溶性りん酸1%当たり) | 6.2×10^{-7} | 5.7×10^{-7} | 8.4×10^{-7} | 1.2×10^{-6} | 8.3×10^{-7} | く溶性りん酸の含有率1%につき0.00015% |
| T - Hg | mg/kg (dry) | <0.01 | <0.01 | 0.06 | 0.16 | 0.15 | 2 |
| Ni | mg/kg (dry) | 19 | 7.3 | 4 | 4.8 | 4.2 | 300 |
| Cr ⁶⁺ | mg/kg (dry) | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | 500 |
| Pb | mg/kg (dry) | 0.9 | 1.7 | 2.2 | 1.6 | 0.6 | 100 |

許容量 肥料取締法における、普通肥料の副産りん酸肥料で含有を許される最大量
換算値 く溶性りん酸30%含有時の換算値
参考値 肥料取締法における、工業汚泥肥料および下水汚泥肥料などで含有を許される最大量
(農林水産省告示第97号, 施行平成12年)

証試験設備より得られたものは各条件において30%以上であった。また、有害成分であるヒ素およびカドミウムはく溶性りん酸1%換算値で規格の1/200以下であった。その他の「副産りん酸肥料の公定規格」にない有害物質に関しても、「汚泥肥料の公定規格」を十分に満たすものであった。これらのことから、本システムにおいて回収されたヒドロキシアパタイトは肥料価値の高いものであることが確認された。

4 むすび

本実証試験によって次のことが確認された。

試験設備に流入する高濃度のリン (T - P = 100mg/程度) に対して、晶析槽内のpHを7.5以上かつ晶析槽内に流動するヒドロキシアパタイト粒子の濃度を40000mg/程度に制御して運転することで、リンを80%以上回収することができた。

試験設備に流入する原水中のリン (T - P = 30 ~ 100mg/程度) に対して、安定して処理水中のリン濃度を20mg/以下とすることができた。

得られたヒドロキシアパタイトは、肥料取締法における各種公定規格を十分に満たすもので、肥料価値の高い

ものであった。

アパタイト法によるリン回収システムは、生物学的脱窒素処理設備における固液分離方式が膜分離方式、重力式固液分離方式のどちらであっても適応が可能である。

(参考文献)

浅野工事株式会社, アタカ工業株式会社, 株式会社荏原製作所, 株式会社クボタ, 住友重機械工業株式会社, 株式会社西原環境テクノロジー, 三菱重工業株式会社. し尿と浄化槽汚泥からのアパタイト法によるリン回収システム. 廃棄物処理技術検証結果報告書 - 第3号 -, 財団法人日本環境衛生センター, Sep., 2003.

産業廃水処理の市場ニーズ変化への対応

Correspondence with Market Changes in Industrial Wastewater Treatment

外村 圭吾* 田中 孝一*
Keigo TONOMURA Koichi TANAKA



バイオベッド -U (RT-35H,CT-30)
BIOBED -U

昨今の環境意識の向上や経済状況から、単なる水質浄化だけではない様々な機能が産業廃水処理設備に求められている。

当社ではこれらに対応して、主力機種である嫌気処理設備と高速凝集沈殿設備のユニット化を進め、『バイオベッド -U』、『バイオタン -U』および『スミシックナー -U』を商品化した。客先から技術の差別化だけでなく、短納期およびコスト競争力の面からも評価を受け、納入実績を伸ばしている。

本報では、これらユニット化設備を始めとした高効率型排水処理設備をいくつか紹介する。

Under the current environmental concerns and economic situation, the requirements for industrial wastewater treatment facilities have been diversified in addition to the prime objective of wastewater purification. We developed the modules of an Expanded Granular Sludge Bed (EGSB), Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB), and ultra high rate sedimentation facility, all of which were our major systems for wastewater treatment. Then, the modules were commercialized as "BIOBED -U", "BIOTHANE -U" and "SUMI-THICKENER -U", respectively. The modules have been well accepted by our customers and their sales are increasing, because of their technological differentiation, short delivery, and cost competitiveness. This paper introduces some of high-efficiency wastewater treatment facilities as well as the modules.

1 まえがき

産業廃水処理設備に対する要求は、昨今の環境意識の向上や経済状況から、単に水質浄化だけでなく、省スペース、省コスト、汚泥発生量の削減・再利用、エネルギー回収、CO₂発生量の抑制および処理水の再利用といった様々な機能が求められるケースが増加している。

当社ではこれらに対応して装置開発を進め、商品化を図ってきた。特に主力機種である嫌気処理設備と高速凝集沈殿設備のユニット化設備である『バイオベッド -U』、『バイオ

タン -U』および『スミシックナー -U』は、客先から技術の差別化だけでなく、短納期およびコスト競争力の面からも評価を受け、納入実績を伸ばしている。

これらユニット化設備を含めた高効率排水処理設備を、以下に紹介する。

2 嫌気性排水処理装置

2.1 概要

高負荷型嫌気性排水処理法として、自己増粒型のグラニューール状メタン菌を利用したUASB (Upflow Anaerobic Sludge

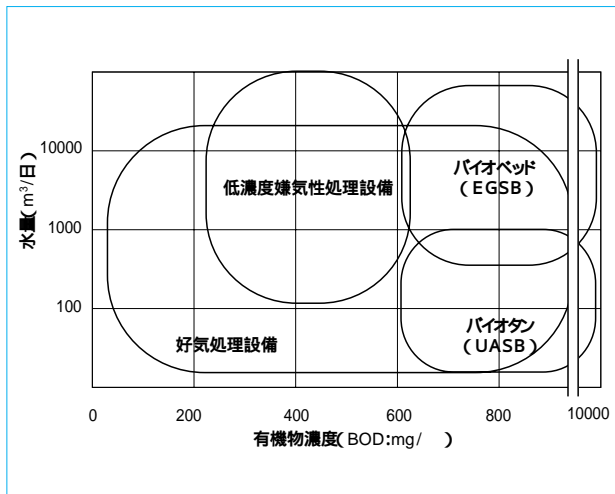


図1 排水のBOD濃度と水量によるシステムの適用範囲
Application range of wastewater treatment system for BOD concentration and wastewater quantity

Blanket) 法, さらに高負荷型に改良したEGSB (Expanded Granular Sludge Bed) 法が一般的に知られている。当社では1989年にオランダBSI社より技術導入し, バイオタン システム, バイオベッド システムとして現在まで約70件の納入実績を有している。

このシステムでは有機性排水を処理対象としており, 以下のような特長を有している。

超高負荷運転が可能で省スペースを実現している。

EGSB 15~30kg・CODCr/m³/日

UASB 7~15kg・CODCr/m³/日

曝気動力が不要で省電力を実現している。

余剰污泥発生量が少ない。

活性污泥法の1/10程度である。

バイオガスからエネルギー回収が可能である。

排水濃度や排水量の負荷変動に強い。

従来はビール会社など主に食品会社の大規模排水処理に適用されてきたが, 数々の利点を有していることから, 小規模排水処理, 難分解性有機物を含む排水および他業種の排水へも適用範囲が拡大している。

このような状況において, 当社は嫌気性排水処理システムをユニット化し, 低価格化と省スペース化を実現したバイオタン -Uおよびバイオベッド -Uとして商品化した。また低濃度排水に適用できる低濃度嫌気性処理システムをアサヒビール株式会社および株式会社アサヒビールエンジニアリングと共同で開発し, 適用範囲を拡大した(図1)。

2.2 バイオベッド -U

バイオベッド -Uでは, システムの中核である酸生成槽および反応槽(メタン発酵槽)をユニット化することにより, 低価格・省スペース化を実現している。

従来の工法であれば現地施工となっている配管工事, 保温工事および電気計装工事を工場内で施工することにより, 現地工事期間が短縮できる。また, ユニット化によって工場製作期間が短縮可能となり, 短納期・低コストを実現した。

また, 従来ではタンク・ポンプ・動力操作盤などをそれぞれ独立して配置していたが, 架構内に集約することにより, 設置面積の大幅削減が実現した。さらに計装品などのメンテ

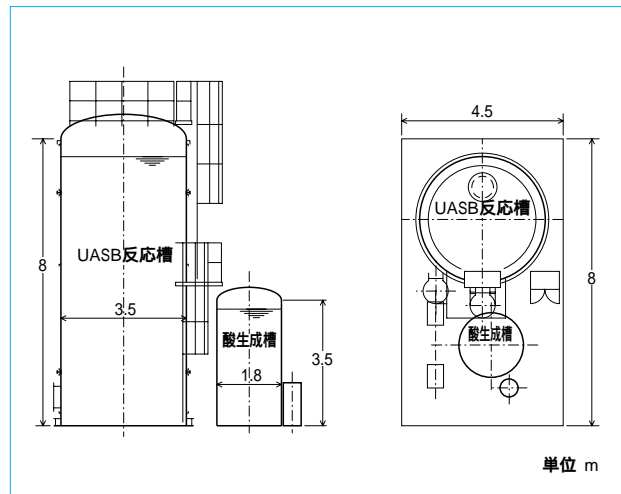


図2 バイオタン -U標準配置 (RT・35,CT・18)
Standard layout of BIOTHANE -U

ナンスエリアを1階に集約することによって, 設備管理の作業性も向上させている(冒頭の写真)。

機器構成は, 下記のとおりである。

バイオベッド 反応槽 1基

排水の負荷に応じて, 2.5, 3.0, 3.5×12mTHおよび 3.5×14mTHの4種類から選択する。

酸生成槽架構ユニット 1基

ユニット内には, 酸生成槽, 循環攪拌ポンプ(予備1台を含む), 動力操作盤, 各種計装品および自動弁が組み込まれている。架構寸法は, 3.5×9mである。酸生成槽は, 排水の酸生成状況に応じて, 2.2m, 2.5m, 3.0mの3種類から選択する。各フロアへのアクセスは, ラダーを標準としている。

2.3 バイオタン -U

バイオタン -Uは, バイオベッド -Uよりさらに小規模の市場を狙って開発した。

配管工事および電気計装工事は現地施工となっているが, 反応槽はバイオベッド -U同様ユニット化しており, 据付けおよび保温工事期間の短縮を実現している。計装品などのメンテナンスエリアもバイオベッド -U同様, 1階に集約している(図2)。

機器構成は, 下記のとおりである。

バイオタン 反応槽 1基

排水の負荷に応じて, 3.0, 3.5×8mTHと 3.0×6mTHの3種類から選択する。

酸生成槽 1基

排水の酸生成状況に応じて, 1.8m, 2.2m, 2.5mの3種類から選択する。

循環攪拌ポンプ 2台(予備1台を含む)

動力操作盤 1面

2.4 低濃度嫌気性処理システム

BOD = 500mg/以下の低濃度排水の処理に適用するシステムである。従来は好気性排水処理方法が一般的であったが, 嫌気処理の適用ができればそのメリットは大きいと考え, 2002年より開発に着手した。

このシステムは, 低濃度排水に適した構造と機能を保持し

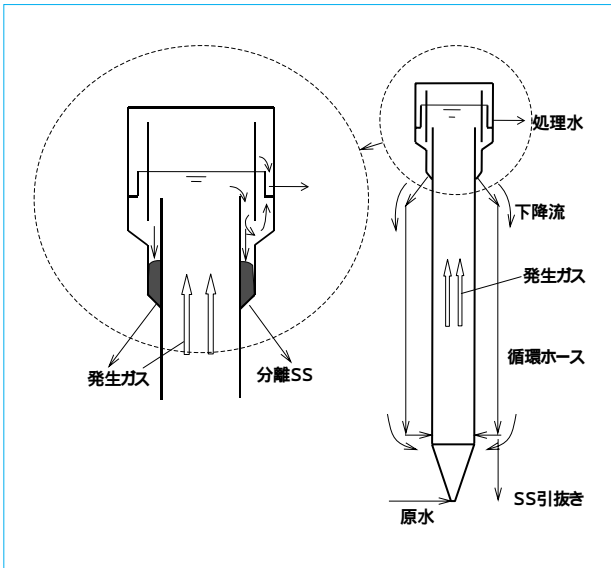


図3 低濃度嫌気性処理システムの反応槽
Reactor of anaerobic system for low-concentration wastewater treatment



図4 スミシックナー -U (SMT-2.5)
SUMI-THICKENER -U

ている。嫌気反応槽内部には、グラニュール汚泥が投入されている。上部のセトラは、気体（メタンガス、炭酸ガス）、液体（処理水）および固体（流入固形物）を一つの槽内で分離できる新しい構造を有している（図3）

飲料製造排水でのパイロットテスト結果では、3～7.5kg・CODCr/m³/日の負荷に対して80%以上の除去率で安定運転可能であることを確認した。

今後いろいろな排水について、さらに検討を進めていく予定である。

2.5 オプション

周辺機器として、薬品注入設備、ガスホルダ、ガスボイラ、脱硫塔（湿式・乾式）およびコージェネレーションシステムなどを準備している。また、グラニュール汚泥の活性を向上させる「MFサプリ」などの薬剤の供給体制も整えている。

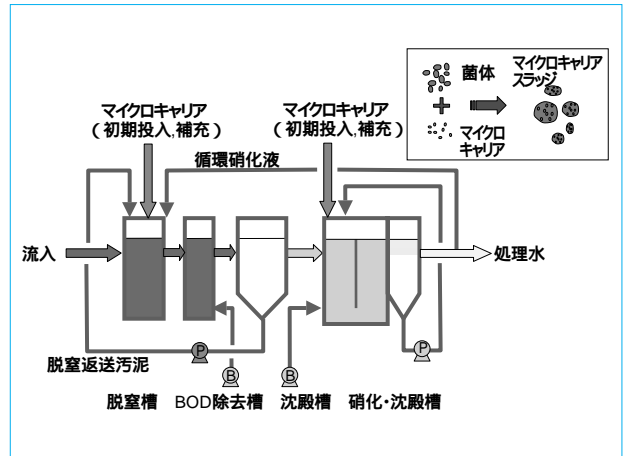


図5 MCSシステム 有機性排水の硝化脱窒用フロー図
Flow diagram of MCS system for nitrification/denitrification of organic wastewater

3 高速凝集沈殿装置のユニット化

3.1 概要

スミシックナー は、凝集フロクの成長促進とフロクの持つ沈降速度を効果的に発揮させるように開発した高速凝集沈殿装置で、現在までに130件を超える実績を有している。

原水は、槽内に設置されたミキシングチャンバ内へ導入され、高分子凝集剤と混合し凝集フロクを形成する。多段に高分子凝集剤を添加することで、より沈降分離に有利な大径で高密度の凝集フロクが形成できる。

ミキシングチャンバ内でフロクを形成させた原水は、回転するディストリビュータで槽の断面積に対して均等上昇流を発生させるように分配し、高表面積負荷を実現した。従来の凝集沈殿槽装置に比べ10～20倍、通常の高速凝集沈殿装置に比べ4～8倍の高負荷対応が可能となり、設置面積のコンパクト化を実現すると同時に、従来の凝集沈殿槽に比べ清澄性の高い処理水を得ることが可能となった。

生物処理の初沈槽および活性汚泥・接触酸化の3次処理だけでなく、製紙工場の白水回収、苛性化緑液清澄設備、金属・化学工場の金属精練設備、水酸化マグネシウム・酸化チタン製造設備および粗塩水の清澄化設備など幅広い用途に適用されている。

3.2 スミシックナー -U

スミシックナー の幅広い用途と合わせ、より低コスト、コンパクト化および短納期を目指してスミシックナー -Uとして標準化した（図4）

径は運搬を考慮して 2.5mおよび 3.5mの2機種を準備している。工場で組込み・検査を行い現地へ搬入することで、現地工事・据付け調整の省力化を実現した。

半導体工場のフッ酸排水処理向けなど、小型化することで顧客のニーズに適合し、適用範囲を拡大している。

4 その他の設備

4.1 高効率硝化脱窒MCS（マイクロキャリアスラッジ）システム

MCSシステムはマイクロキャリアを利用し、特殊な技術で硝化菌や脱窒菌を高濃度に凝集させ、窒素除去を高速で行

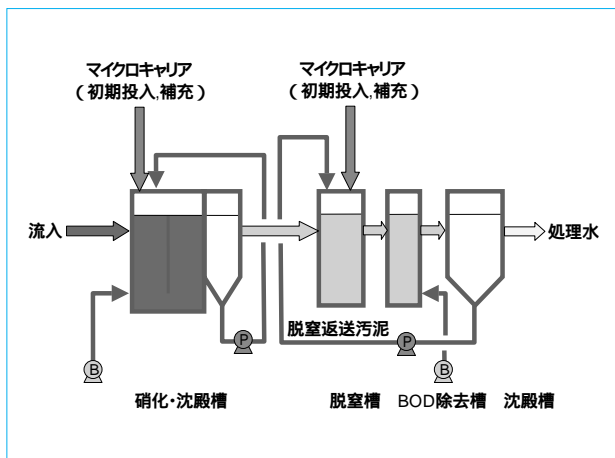


図6 MCSシステム 無機性排水の硝化脱窒用フロー図
Flow diagram of MCS system for nitrification/denitrification of inorganic wastewater

うことができる生物学的脱窒システムである。有機性および無機性、どちらの排水でもフローを組み換えることで対応できる(図5, 図6)。

MCSシステムは、これらの脱窒システムにおいて、硝化槽および脱窒槽にマイクロキャリアを投入し、硝化菌や脱窒菌を高濃度に維持することで高負荷化を図っている。

新規設備だけでなく、既存の設備にもマイクロキャリアを適用することで、高負荷化が可能となる。特長は、以下のとおりである。

- 高負荷脱窒が可能である。
- 硝化負荷 最大 7 kg・N/m³/日
- 脱窒負荷 最大 5 kg・N/m³/日
- 汚泥の沈降性が良好である。
- マイクロキャリアスラッジは良好な凝集性を有することから、従来システムの2倍程度の沈降速度が得られる。

4.2 循環型汚泥減容システム AsRES

AsRES は余剰汚泥を加熱調整槽とRJ (Recipro Jet) リアクタにより可溶化、一部を酸化分解し、曝気槽に返送して余剰汚泥発生量を大幅に削減する、高効率汚泥減容システムである(図7)。

加熱調整槽で減容汚泥量の負荷調整を行うとともに、50~60 に加熱して、活性汚泥フロックを構成する、多糖類およびたんぱく質を主成分とする菌体外ポリマが溶出しやすくなるよう前処理する。

RJリアクタ内には多孔板ディスク(シーブプレート)が装着され、ディスクの往復運動で槽内に強力なジェット流が形成され、効率よく攪拌・混合される。この中で加熱された汚泥が可溶化され、さらに高い酸素溶解能力により可溶化された汚泥の一部は酸化分解される。菌体の細胞膜は破壊されないことから、システム導入後も活性汚泥処理水質は安定している。

装置はすべてユニット化しており、規模に応じた汚泥減容処理が可能である。

5 むすび

当社では産業廃水処理設備に対する客先のニーズに対応して、

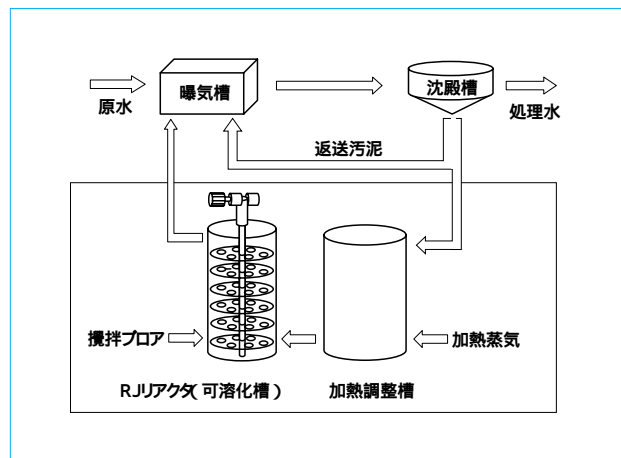


図7 AsRES フロー図
Flow diagram of AsRES

嫌気処理設備には負荷に応じてバイオベッド(-U)、バイオタン(-U)および低濃度嫌気性処理設備、高負荷型凝集沈殿設備にはスミッシュナー(-U)、高効率硝化脱窒処理にはMCSシステム、汚泥減容設備にはAsRES といった商品を揃えている。

産業排水処理設備に対する要求は、ユーザや工場周辺住民の声も反映し、年々高度なものとなってきている。本報で紹介した装置を活かしてこれらの要求に添えていくとともに、環境の浄化に寄与していきたい。

(参考文献)

- 則武繁, 今林誠二, 上地和男, 鈴木哲史. 低濃度排水への嫌気性処理システムの開発. 第39回日本水環境学会年会, p.339, 2005.
- 早川稔. 超高速凝集沈殿槽(スミッシュナー) 住友重機械技報, vol.41, no.123, p.35~38, 1993.

バイオマス焚き循環流動層ボイラ発電設備の操業実績

Operation Results of Biomass Fired CFB Boiler Power Station

西山 嘉典* 松本 昭彦* 伊藤 一 芳*
Yoshinori NISHIYAMA Akihiko MATSUMOTO Kazuyoshi ITOH



サミット明星パワー株式会社向けバイオマス発電プラント
Summit Myojo Biomass Power Station

地球規模でのCO₂削減の一環として、バイオマスエネルギーの有効活用が求められている。その社会ニーズを背景に、当社は、サミット明星パワー株式会社系魚川発電所に国内初の最大規模50MWバイオマス焚き循環流動層ボイラ発電設備を納入した。本発電所は2004年10月の操業開始後安定した運転を行っており、循環流動層ボイラによる高効率バイオマスエネルギーの活用および電力供給事業への適用が十分可能であることを実証した。

本報では、本バイオマス焚き循環流動層ボイラの設計、発電プラントおよびボイラの性能、そして操業実績について述べる。

The effective utilization of biomass energy has been required as a means of reducing global CO₂. With this background of social needs, we designed and built the nation's first and largest wood biomass-fired Circulating Fluidized Bed (CFB) boiler power plant for Summit Myojo Power Itoigawa Power Station. The power plant was successfully commissioned in October 2004 with a capacity of 50 MW. The biomass-fired CFB boiler demonstrated the performance as designed, and its stability was proved through successive commercial operations. This paper discusses the boiler design, and the performance of the boiler and power plant.

1 まえがき

京都議定書の発効に伴い地球規模でのCO₂を目的としてカーボンニュートラルであるバイオマスエネルギーの活用が求められており、経済産業省の新エネルギー利用促進政策などを通じて様々な取組みが産官学をあげてなされている。その一環として、木質バイオマスによる高効率発電を目的とする循環流動層（Circulating Fluidized Bed CFB）ボイラ発電設備であるサミット明星パワー株式会社系魚川発電所が2004年10月から操業開始された。本発電設備は国内最大規模のバイ

オマス発電プラントというだけでなく、電力小売事業用として電力系統に接続して電力需要に対応した運転を行っているプラントでもある。運転は小売電力事業者であるサミットエナジー株式会社から要求される需要に応じた電力供給をすると同時に、隣接する明星セメント株式会社の工場操業用電力を供給する電力制御システムによる自動負荷制御運転が実施されている。

以下に、本発電設備における循環流動層ボイラの設計および操業運転を通して得られた発電プラント・ボイラの性能、そして操業実績について述べる。

表1 発電プラント主要結末
Power plant design data

| | | |
|--------|------------|---|
| 設備容量 | 発電端出力 | 50000kW |
| | 送電端出力 | 44000kW |
| 電力供給 | サミットエナジー向け | 65% (小売電力事業用) |
| | 明星セメント向け | 35% (セメント製造用) |
| 年間運転日数 | 365日/年 | |
| 運用 | 負荷パターン | 昼(6~8h)送電端出力 44000kW (100%) 夜(18~16h)送電端出力 26000kW (60%) |
| | 週末起動停止 | 1回/年 |
| | 最低出力 | 送電端出力 18000kW (40%) |

| | | |
|---------|-------|----------------------------|
| 主要機器 | 形式 | 住友/フォスターウイラ コンパクト型循環流動層ボイラ |
| ボイラ | 形式 | 水管式自然循環型, 屋外式 |
| | 蒸発量 | 196t/h |
| | 主蒸気圧力 | 10.2MPaG |
| | 主蒸気温度 | 513 |
| 蒸気タービン | 形式 | 1軸形反動式再生復水形 |
| | 出力 | 50000kW |
| 発電機 | 形式 | 横軸円筒回転界磁3相交流同期発電機 |
| | 容量 | 55600kVA |
| 環境設備 | 形式 | 低温・2段燃焼および尿素吹込みによる無触媒脱硫 |
| 窒素酸化物対策 | 形式 | 石灰石による炉内脱硫 |
| | 形式 | バグフィルタによる集塵 |
| | 形式 | |

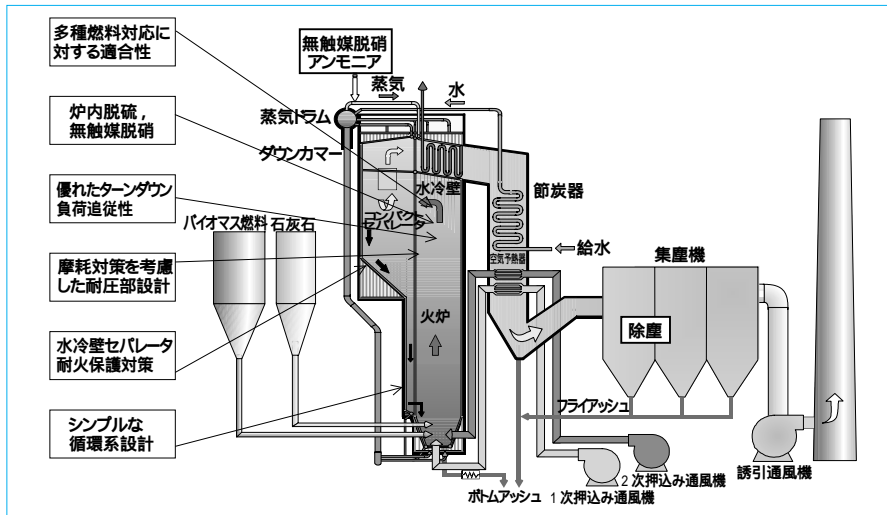


図1 住友/フォスターウイラ コンパクト型循環流動層ボイラの特徴
Feature of Sumitomo-Foster Wheeler compact CFB

2 バイオマス発電設備の概要

本発電設備は、太平洋セメント株式会社のグループ会社である明星セメント株式会社系魚川工場に隣接する区域に住友商事株式会社と明星セメント株式会社の合弁事業として建設された発電所で、発電した電気は主に東北電力株式会社を経由して住友商事株式会社グループの小売電力事業者であるサミットエナジー株式会社に供給され、首都圏需要家および再生可能エネルギー電源として電力会社に販売される。同時に、夜間は主に明星セメント株式会社に電力供給しセメント生産に用いられる。

燃料は建設廃材系木質バイオマス为主体(熱量70%)として石炭(熱量30%)を補助燃料として用いることで、CO₂削減とともに廃棄物の再生利用に寄与するものとして、経済産業省の進める「新エネルギー利用促進事業」として認定され、設備費の一部の補助を受けて建設された。

発電所の計画に際しては、国内初の最大規模のバイオマス活用ボイラとして、当社の技術提携先であるフォスターウイラ社の欧州における先進事例の経験に基づくノウハウを織り込んだ、信頼性の高い高効率発電設備として計画した。

また、本発電所の運用は、サミットエナジー株式会社向け電力と明星セメント株式会社向け電力を組み合わせることで利用率の向上を図る一方、明星セメント株式会社のバイオマス燃料化工場から燃料供給を受けるとともに発生した燃焼灰をセメント原料として還元することで、事業採算性向上を

現したプラントとなっている。

なお、本発電プラントは当社がフルターンキーベースで設計、調達製作および建設を一括して実施納入した。

表1に、発電プラントの主要諸元および主要設備の概要を示す。

本発電設備の最大の特徴は、バイオマス燃焼の信頼性確保、高効率発電および柔軟な電力運用の両立にある。

したがって、これまでの石炭焚き産業用発電設備の経験に加えて、独自の設計を加えた設備としている。特に、バイオマス燃焼ボイラとして 高温腐食対策、バイオマス燃料中の異物混入対策、燃料安定供給対策を織り込んだ点、および小売電力供給用として要求される 昼夜のターンダウン運転、発電出力デマンド制御を実現した点が挙げられる。

3 住友/フォスターウイラ循環流動層(CFB)ボイラの特徴

フォスターウイラ循環流動層ボイラは日本国内で17基、世界中では約230基の50%以上の最大シェアを保有する。国内においては165MWIPP事業用CFBボイラが運転を開始しており、ポーランド向けには世界初の超臨界圧460MW事業用ボイラを建設中である。一方、1990年代後半から本格的に欧州を中心に適用の拡大したバイオマス、廃棄物活用ボイラにおいては約80%のシェアを保有している。今回の計画では、最新設計であるコンパクト型CFBを採用した。

住友/フォスターウイラ コンパクト型循環流動層ボイラの特徴を、図1に示す。

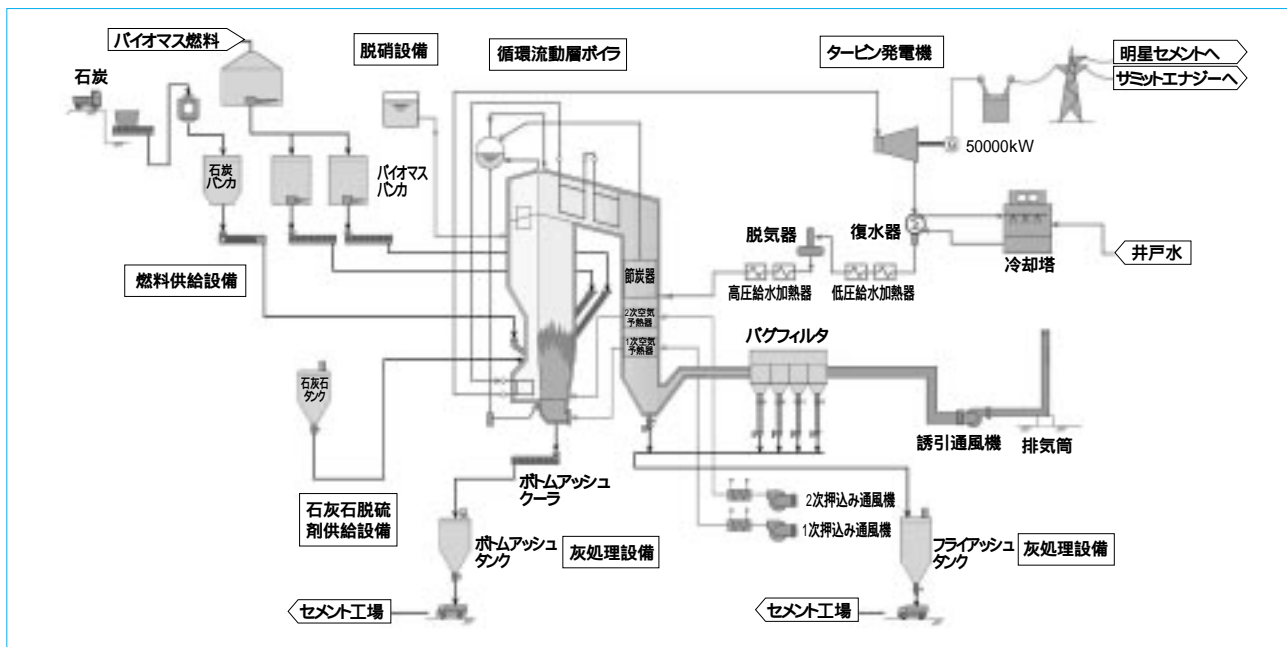


図2 バイオマス発電プラントフロー
Plant flow of biomass power plant

多炭種および広範囲な燃料に対する高い適合性

CFBボイラはベッド材の炉内での活発な流動により反応装置として優位性があり、セパレータで捕集した飛び出し粒子を循環して長い滞留時間を確保できることから、通常の燃焼装置では効率のよい燃焼が難しい燃料を使用することが可能である。したがって、無煙炭や低品位炭（高灰分炭・高水分炭）だけではなく、低発熱量高水分であるバイオマスの高効率燃焼が可能であると同時に、廃タイヤ、廃プラスチックおよびスラッジなどによるリサイクル燃料を使用することができる。

低公害性/石灰石による炉内脱硫および低NOx燃焼

CFBボイラは炉内に石灰石を供給することで、燃焼により発生する硫黄酸化物(SOx)を除去することが可能である。これにより脱硫装置が不要となり、設備設置スペースの低減およびプラント建設費の低減ができる。

同時に800~900の燃焼温度と2段燃焼の採用により、サーマルNOxおよびフューエルNOxの発生を抑制できる。これにより触媒式脱硝装置が不要となり、設備設置スペースの低減およびプラント建設費の低減が可能となる。また、セパレータ内部の乱流域を利用し、セパレータ内部にアンモニアまたは尿素を注入することにより触媒を必要としない簡易脱硝が可能となり、低コストで低NOx運転を行うことができる。

優れたターンダウンおよび良好な負荷追従性

微粉炭ボイラでは必要なミルの切替え操作がCFBボイラでは不要であり、燃料と空気の増減操作で負荷変化を行うことで、容易かつ良好な負荷変化特性を有する。これにより、シンプルな燃焼装置と制御システム提案が可能となり、運転員の負荷を減らすことができる。

確立された耐摩耗対策

200基に及ぶ実績と多種多様な燃料の使用経験に基づいて摩耗対策を確立し、信頼性の高い装置となっている。

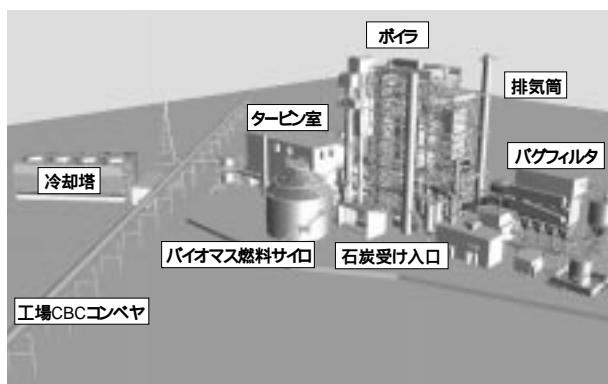


図3 バイオマス発電プラント鳥瞰図
Bird eye view of biomass power plant

信頼性の高い耐火物構造

水冷壁セパレータに薄層耐火物を堅固に固定した耐火物設計により、信頼性を向上させた構造としている。

シンプルな粒子循環系構造

他の循環流動層ボイラに比べて粒子循環系統に高温調節弁などの設備を保有せず、シンプルで信頼性が高くかつメンテナンスが容易な構造となっている。

4 プラント全体のシステム構成

プラント全体のシステム構成を図2に、全体鳥瞰図を図3に示す。

発電プラントは大きく分けて、燃料受入れ供給設備、石灰石脱硫剤供給設備、脱硝用尿素供給設備、循環流動層ボイラ設備本体、燃焼により発生する粗粒灰と燃料中異物を排出するボトムアッシュ搬送設備、バグフィルタにより捕集された燃焼飛灰を搬送貯蔵するフライアッシュ処理設備およびタービン発電機設備から構成される。

表2 燃料性状
Fuel data

| 燃 料 | | 木質バイオマス | 石炭 |
|-------|--------|-------------|-------|
| 全水分 | | % 22.40 | 7.40 |
| 工業分析 | 気乾水分 | % - | 2.50 |
| | 灰分 | % 2.60 | 12.70 |
| | 揮発分 | % 79.22 | 19.20 |
| | 固定炭素 | % 18.18 | 64.60 |
| 燃料比 | | - 0.23 | 3.36 |
| 高位発熱量 | | MJ/kg 20.01 | 28.26 |
| 元素分析 | 炭素 | % 51.97 | 86.87 |
| | 水素 | % 5.78 | 4.49 |
| | 窒素 | % 0.27 | 0.69 |
| | 酸素 | % 41.84 | 7.71 |
| | 硫黄 | % 0.05 | 0.10 |
| | 塩素 | % 0.09 | - |
| 異物混入 | | 建築廃棄物金物類 | |
| サイズ | mm | < 50mm | < 6mm |
| 粉碎性 | H.G.I. | | 45 |

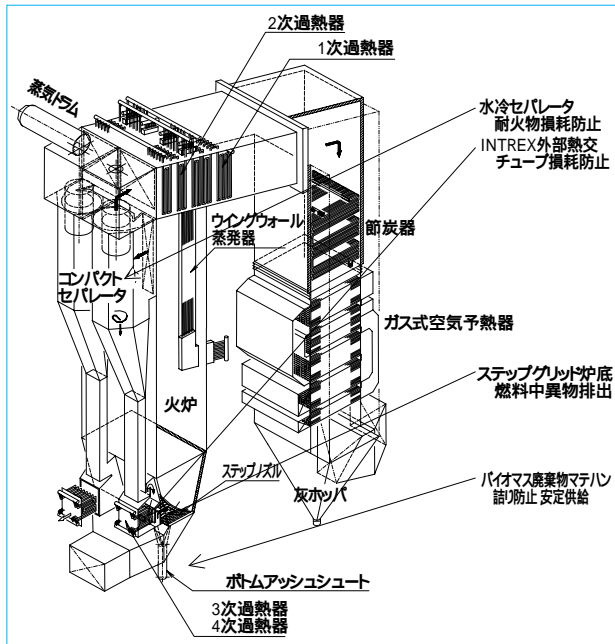


図4 コンパクトCFBの構造
Schematic of compact CFB

4.1 燃料受入れ供給設備

隣接する木質バイオマス燃料化工場での破碎，分別して調成された約50mmサイズの主に解体建築廃材バイオマス燃料は発電所内の4000m³サイロに供給，貯蔵される。その後バイオマス燃料はサービスバンカに供給され，これから切り出されたバイオマス燃料を定量供給機で計測した後，チェーンコンベヤ，ロータリーフィーダおよびスクリー式フィーダを介して火炉の2箇所の供給口へ供給される。補助燃料としての石炭は独立した別の供給口に計量供給される。

4.2 脱硫用石灰石供給設備

石灰石は，1 mm以下に破碎したものを石灰石タンクに貯蔵する。石灰石はタンクからロータリーバルブで切出しされた後，空気輸送にて炉内へ供給する。供給量はSO_x排出濃度の計測値を反映して，ロータリーバルブの回転数を変化させて調整する。

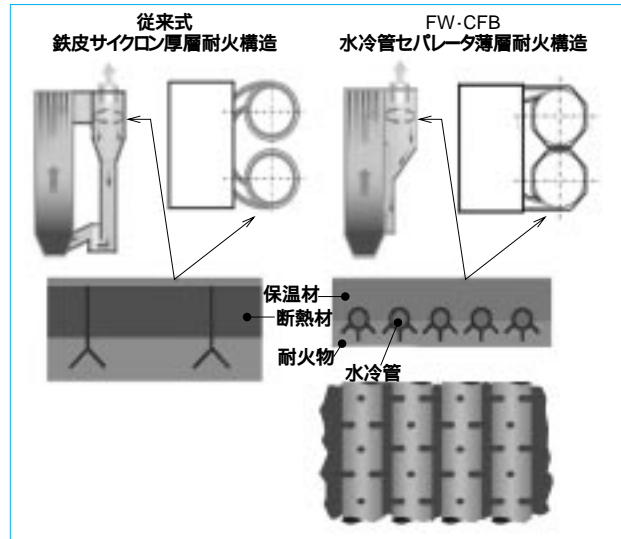


図5 セパレータ耐火物施工
Separator refractory design

4.3 脱硝用尿素供給設備

尿素粉を溶解槽で溶解希釈後ポンプ供給し，セパレータ内の高温乱流領域に設けたノズルから噴霧される。

4.4 循環流動層ボイラ設備

2基のセパレータを有する循環流動層を採用している。燃焼用空気は，高压の1次押し込み通風機（火炉底部風箱へ供給）と低压の2次押し込み通風機（火炉側壁空気ノズルへ供給）から供給される。火炉からの燃焼ガスはセパレータで粒子を分離された後，後部の対流伝熱部に入る。燃焼ガスはこの部分で130～140℃まで熱回収された後，バグフィルタに導かれ，ガス中のフライアッシュを除去された後，誘引通風機を通して排気筒から排出される。

4.5 ボトムアッシュ処理設備

燃焼灰中の粗粒分およびバイオマス燃料中に含まれる金属異物などは，水冷スクリー式ボトムアッシュクーラにより炉内から排出され，ボトムアッシュタンクに搬送される。

4.6 フライアッシュ処理設備

バグフィルタで捕集されたフライアッシュは，空気輸送装置によりフライアッシュタンクへ搬送され貯蔵される。

5 循環流動層ボイラ設備の概要

本ボイラは，バイオマス用CFBとして国内初の最大規模のボイラである。海外でのバイオマス用CFBの実績と国内で蓄積した経験を十分に設計へ反映することで，製品の品質および性能の向上を図った。設計燃料は，表2に示すように，高水分，低発熱量であると同時に建築廃棄物由来の塩素分，異物の混入があり，これに対する配慮が必要となる。ボイラの基本機器構成は，バイオマス廃棄物用CFBボイラの実績を数多く有するフォスター・ホイラー社の実績を基に決定した。図4に，今回のボイラ設計計画における主な配慮点を示す。

耐火物保護対策（図5）

従来型CFBで保守上の課題であったサイクロン内耐火物の保護対策として，セパレータ水冷壁に薄層耐火物を堅固に施工固定した耐火物設計を採用した。この構造に

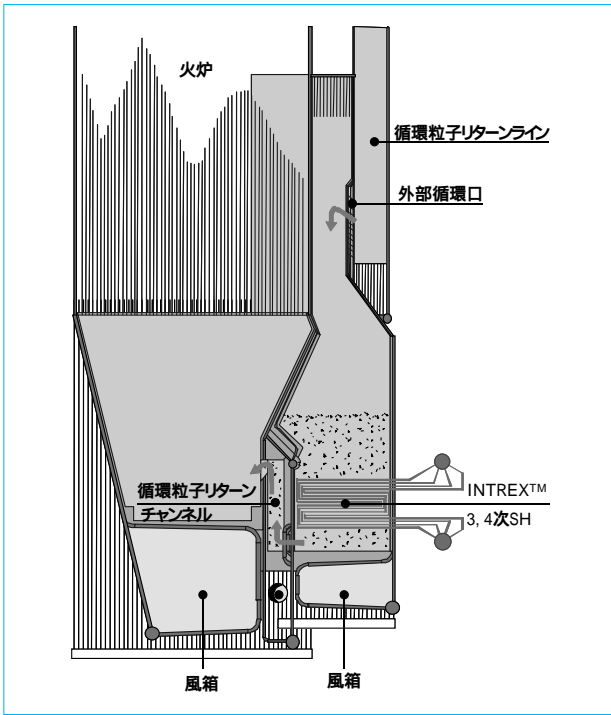


図6 INTREX型最終過熱器
INTREX final super heater design

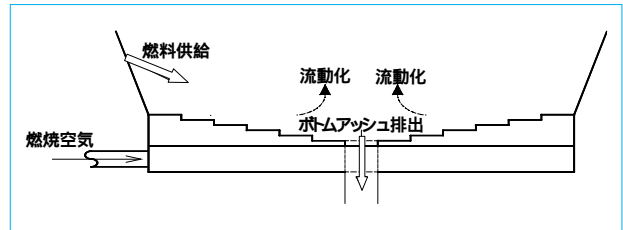


図7 ステップグリッド型流動ノズル
Step grid nozzle design



図8 バイオマス供給フィーダ
Biomass feeder

表3 発電プラント性能計画と実績
Performance test data of power plant

| 項目 | | 計画値 | 実績値 | |
|-----------------|---|-------|-------------------|---------|
| | | | バイオマス70%, 石炭30%混焼 | |
| 発電端出力 | MW | 50.0 | 50.0 | |
| 送電端出力 | MW | 44.0 | 45.5 | |
| 発電端効率 | % | 35.0 | 37.05 | |
| 送電最低負荷 | % | 40 | 40 | |
| 最大連続蒸発量 | t/h | 196 | 196 | |
| 主蒸気圧力 | MPaG | 10.2 | 10.2 | |
| 主蒸気温度 | | 513 | 513 | |
| | | | 送電負荷100% | 送電負荷40% |
| SO ₂ | ppm6%O ₂ 換算値 | 90以下 | 29 | 23 |
| NO _x | ppm6%O ₂ 換算値 | 120以下 | 31 | 32 |
| 煤塵 | mg/Nm ³ 6%O ₂ 換算値 | 30以下 | <5 | <5 |

より耐火物に作用する熱応力が緩和され、保守負荷が大幅に軽減可能である。

過熱器の高温腐食防止対策（図6）

バイオマスや廃棄物燃料中に含まれる塩素・アルカリ金属・重金属により低融点灰が生成され、ボイラ過熱器に付着し、高温溶融塩腐食を起こすリスクがある。この対策として、腐食性ガス、灰と遮断された循環灰層内に過熱器を設置すると同時に流動エアにより、腐食性ガスを置換することで高い腐食抑制効果を得ることができるINTREX最終過熱器を設置した。さらに、INTREX最終過熱器は保守点検を容易にするべく管板一体構造を採用し、外部に引抜くことを可能としている。

燃料中異物排出対策（図7）

特に建設廃材系木質バイオマス燃料は、金属異物を含み、炉内での堆積および摩擦トラブルを生じる可能性を有する。そこで、炉底流動化ノズル構造は独自の傾斜配

置のステップノズル型とし、流動空気的作用により異物を円滑に移動排出すると同時に、大型排出口を複数設置し、確実で容易な排出を可能としている。

バイオマスおよび廃棄物燃料供給安定性対策（図8）

電力需要に応じた負荷追従運転を目指し、ハンドリング性に劣るバイオマスおよび廃棄物燃料を連続定量払出し供給が可能な専用貯蔵および搬送設備を設置した。本技術はラウマスター社（フィンランド）との提携によるもので、欧州でのフォスターウイラ社実績プラントで信頼性が実証されている。

6 プラント性能と操業実績

6.1 発電プラント性能実績

6.1.1 プラント性能

表3に、試運転時および性能試験時に確認したプラント性能を示す。同表には計画値と実績値を示すが、いずれも計画

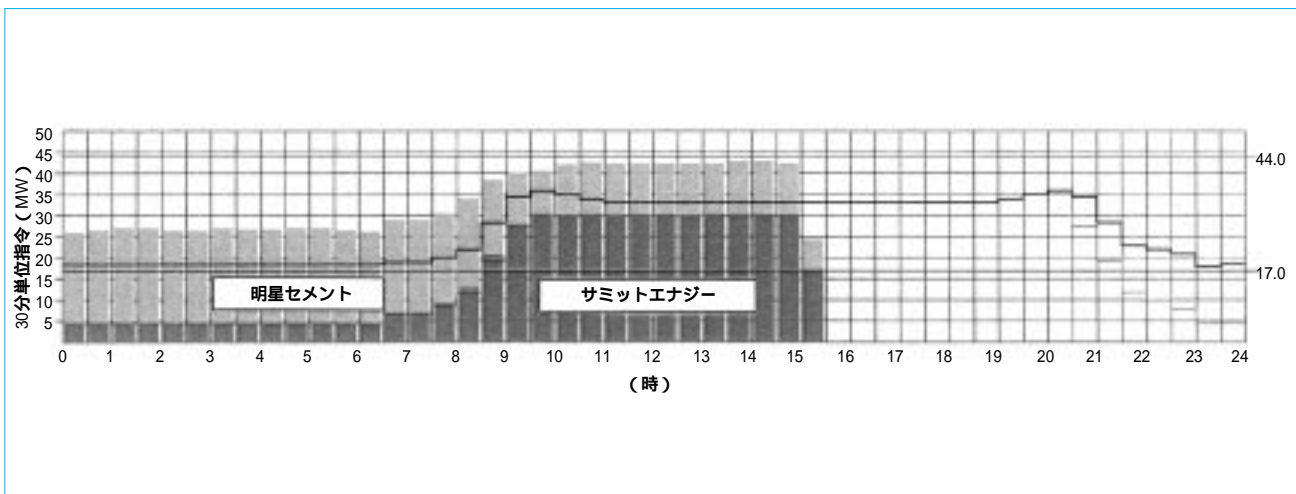


図9 バイオマス発電プラント運用事例
Operation control of biomass power plant

値以上の性能を達成した。バイオマス発電プラントでありながら一般のパワーボイラプラントと同等あるいはそれ以上の電力供給事業用発電所として十分満足できる設備である。同時に、最低負荷運転も助燃なしで安定した40%負荷運転が持続可能なことを確認した。これにより、発電所として計画どおり負荷変動運転（デリースイング運転）への対応が実現できることを確認した。

6.1.2 ボイラ燃焼特性

環境特性値についても、CFBでの低発熱量バイオマスの良好な燃焼性が得られた結果、計画どおりの低空気比（空気過剰率20%）運転が可能であり、尿素吹込みなしで広い負荷帯での窒素酸化物低減を実現している。脱硫についても、炉内石灰石脱硫のみにより計画を大幅に下回る硫黄酸化物濃度となっている。

6.2 負荷追従運転特性

本プラントはセメント工場へ電力を供給すると同時に小売電力事業用電力を供給するものであり、特に小売電力供給は昼夜の負荷変動対応のみならず、需要に応じた供給電力量の制御、いわゆる30分同時同量デマンド出力運用が要求された。今回、バイオマス発電プラントとして、国内初のデマンド出力制御機能を当社にて開発し、組み込んだ。図9に、運用パターンの一例を示す。この様にセメント電力負荷変動を吸収しつつ小売電力デマンドに応じた電力供給が可能であることを確認した。

6.3 発電所操業実績

2004年10月の電力供給運転開始以降、計画のとおり安定した電力供給運用を行っている。

7 むすび

国内初の最大規模の循環流動層ボイラを用いた、サミット明星株式会社向けバイオマス発電設備の設備概要と操業実績について紹介した。

CO₂削減、廃棄物の再生利用およびエネルギーコスト低減を目的として近年ニーズが急速に高まっているバイオマス廃棄物発電に対して、今回のプロジェクトを通じ

て循環流動層ボイラを用いることで、単に高効率発電が可能であるだけでなく、電力供給事業用としても十分にその機能を発揮できることが実証できた。

現在、本プロジェクトの成果を基に木質バイオマスだけでなく、排タイヤチップ、RPF（廃プラ、古紙成型燃料）およびスラッジなどの種々のリサイクル燃料を組み合わせた新エネルギーボイラ発電プラントを新たに6基（蒸発量65t/h～300t/h）を受注した。これらの多様な燃料に対して、より信頼性と性能の向上を実現するプラントの完成を目指して現在設計、建設中である。

今後もバイオマス廃棄物発電の要求は高まるものと期待されるが、燃料品質の低下、林野系用途などプロジェクト規模の小型化の傾向が見られる。これらに対し、腐食防止の監視技術、灰処分を容易とする処理技術および経済性の高い小型CFBの開発を進め市場の要求に応える計画である。

以上の実績と今回得られた成果を基に、今後とも循環流動層ボイラを核として、市場のニーズに合致した経済性を追求し、また地球環境の保全面からも優れた発電設備の開発、実用化を推進していく考えである。

（参考文献）

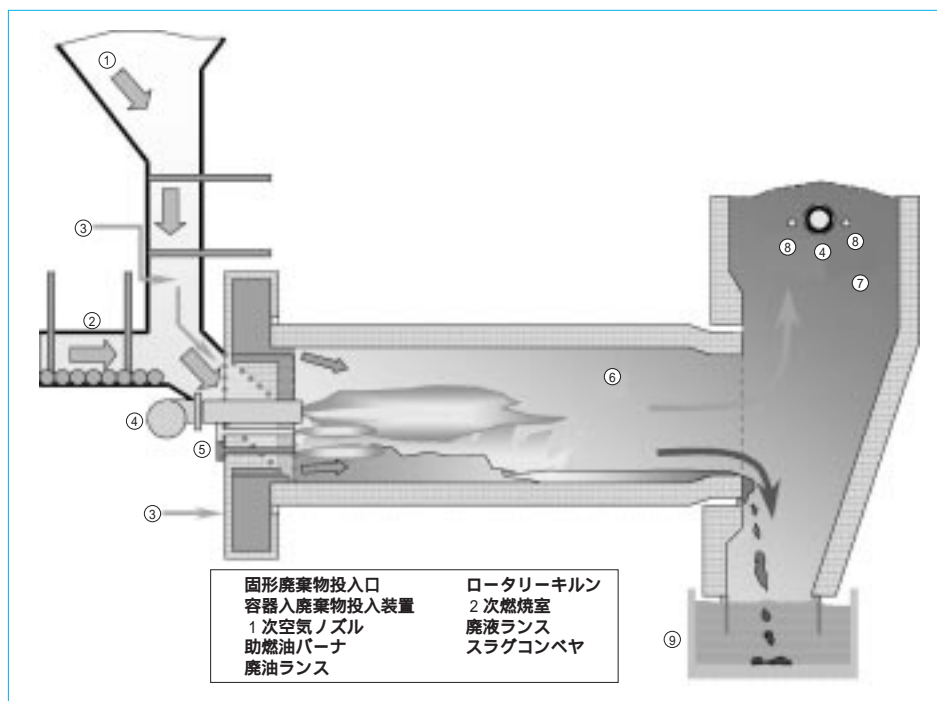
西山嘉典. シンポジウム 100年先から見てみよう、バイオマス・廃棄物利用 新たな仕組みと将来. 講演要旨集, Mar., 2005.

ロータリーキルンの廃棄物再資源化への適応

Application of Rotary Kiln to Waste Recycling

鉄山 一州*

Isshu TETSUYAMA



スラグ排出型ロータリーキルン
Rotary kiln
of molten slag discharge type

循環型社会の構築に向けて、廃棄物の処理は中間処理ではなく、安全な資材への変換や金属資源回収といった資源の生産へと変化している。

当社は、1990年にABB Enertec AGより産業廃棄物向けの焼却・溶融処理炉としてスラグ排出型のロータリーキルンの技術を導入した。以降、産業廃棄物や一般廃棄物の焼却・溶融処理施設として多くの納入を果たしただけでなく、その処理技術の応用として、顧客のニーズに適応した資源化施設を納入している。新規分野の応用に際しては、各種試験設備、分析機器および豊富な経験を生かした研究体制の下に最適な設計条件だけでなく最適な操業条件の検証を行い製品化を進めている。

本報では、その適応事例と今後の取組みについて報告する。

For aiming at the construction of the recycling society, the waste processing has changed to the reproduction of resources through the conversion of wastes into safe materials or the collection of metallic resource from the wastes. In 1990, we introduced the technology of the rotary kiln for waste processing from ABB Enertec AG, which incinerates industrial waste and extracts the residue as molten slag. The rotary kilns have been delivered for industrial and municipal waste processing facilities together with our recycling facilities installed in order to meet the specific needs of our customers. We have been working to find optimum design and operating conditions for new applications, fully utilizing our research capabilities and expertise in this field. This paper reports some of the applications in waste processing facilities and our approach to the future.

1 まえがき

有害廃棄物の処理システムとして技術導入されたスラグ排出型ロータリーキルンは、セメント焼成などの目的で用いられるようなキルンとは異なり、内径に対する長さの比率が小さいショートキルンである点と処理物とガスの流れが並流であることを特徴とする。これによって、ロータリーキルンの欠点でもある炉内部への灰分の付着を防止し、そして燃焼ガ

スを高温の状態でも排出して特殊な構造を持つ2次燃焼室と組み合わせることでダイオキシン類の生成を予防することが可能となった。

廃棄物は、一般廃棄物と産業廃棄物に大別される。年間の排出量は前者が約5000万t/年、後者が4億t/年である。そこでスラグ排出型ロータリーキルンを市場規模の大きい産業廃棄物分野における戦略機種と位置付け、顧客のニーズに幅広く対応すべく、顧客との共同研究や独自の開発を実施してき



図1 ガスト溶融還元施設（住友金属工業株式会社）
Dust reduction system



図2 産業廃棄物焼却設備（光和精鉱株式会社）
Industrial waste treatment system

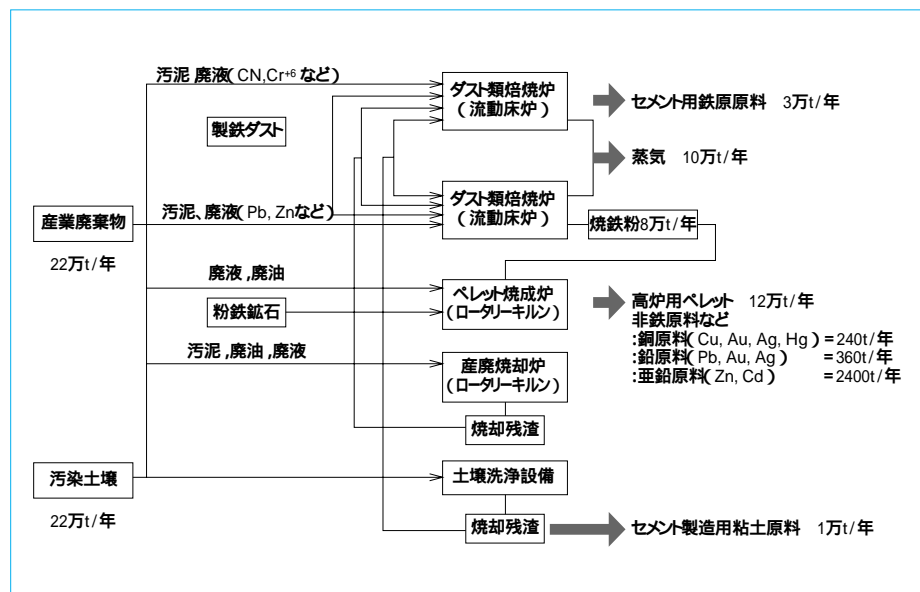


図3 リサイクルフロー（光和精鉱株式会社）
Recycling flow

た。その結果、スラグ排出型ロータリーキルンをいくつかの廃棄物の資源化施設として適応させることができた。

本報では、次の3システムを適応事例として紹介するとともに、今後の取組みについて報告する。

製鉄所内で発生するガストに含まれる鉄分と亜鉛分の分離回収システム。

各種工場から発生した産業廃棄物に含まれる金属分を回収するシステムの前処理設備。

一般廃棄物と産業廃棄物の混合処理から発生する残渣を土木資材に使用可能とした焼却・溶融システム。

2 適応例

2.1 住友金属工業株式会社向けガスト溶融還元施設

住友金属工業株式会社は「地球環境に関する行動指針」として「リサイクル・省資源」の項目に、「製造プロセスから発生するその他の副生物については、リサイクル率の向上のための利用技術の開発に努める」を設定している。製鉄所内で発生するガストや汚泥を還元処理して製鉄原料として再

利用するガスト還元溶融設備を当社と共同開発した（図1）。

本施設の導入により、従来製鋼ガストが製鉄原料としてリサイクルされることを阻害していた亜鉛分を分離することが可能となり、年間3万t発生する製鋼ガストのリサイクルが可能となった。

2.2 光和精鉱株式会社向け産業廃棄物焼却設備

光和精鉱株式会社は、独自に開発した「塩素揮発法」により、生産設備と廃棄物処理を組み合わせた独自のシステムで、完全リサイクル・資源再生利用とゼロエミッションを追求している。

当社のロータリーキルンは、このプロセスの中で産業廃棄物からの資源抽出や燃料化設備として採用されている。具体的には、燃焼を抑制した条件下で炭素源は次のプロセスの焙焼炉の燃料として取り出し、ガス化成分は2次燃焼室で廃液と同時に高温燃焼させる。そして、排ガス処理過程で、重金属類（鉛、銅および亜鉛など）、硫黄および塩素なども分離・回収している（図2、図3）。



図4 エコニクス（財団法人愛媛県廃棄物処理センター）
Industrial and municipal melting treatment system

表1 溶出試験結果
Results of leaching test

| | 測定値 | 基準値 |
|-------|----------|----------|
| | mg/ | mg/ |
| カドミウム | 0.001未満 | 0.01以下 |
| 鉛 | 0.005未満 | 0.01以下 |
| 6価クロム | 0.04未満 | 0.05以下 |
| 砒素 | 0.001未満 | 0.01以下 |
| 総水銀 | 0.0005未満 | 0.0005以下 |
| セレン | 0.002未満 | 0.01以下 |

「一般廃棄物の溶融固化物の再利用に関する指針」（生衛発508号）
1998年3月

表2 含有試験結果
Results of content test

| | 測定値 | 基準値 |
|-------|-----------|-------|
| | mg/kg | mg/kg |
| カドミウム | 0.21～0.24 | 150以下 |
| 鉛 | 41～72 | 150以下 |
| 6価クロム | 0.2未満 | 250以下 |
| 砒素 | 1.2～1.6 | 150以下 |
| 総水銀 | 0.005未満 | 15以下 |
| セレン | 0.1未満 | 150以下 |

「土壌汚染対策法施行規則第18条第2項」を準用

2.3 財団法人愛媛県廃棄物処理センター向け廃棄物処理施設

財団法人愛媛県廃棄物処理センターは、愛媛県東予地区の一般廃棄物・産業廃棄物の適正処理を目的に2000年にロータリーキルン型の焼却・溶融炉（エコニクス）を導入した（図4）。現在、排出されたスラグは金属類除去、粒度調整の工程を経て、土木資材としてリサイクルされている。

溶融スラグは、定期的に安全性試験を行っており、国が示した溶融スラグの溶出基準と財団法人愛媛県廃棄物処理センター独自の自主管理として設定した含有基準を満たしており、環境安全性上問題なく使用できる。

スラグの品質を、表1および表2に示す。

使用例として、アスファルト舗装およびインターロッキングブロックが挙げられる。スラグのリサイクル例を、図5および図6に示す。



図5 アスファルト舗装使用例（県道西条久万線西条市）
Illustration of asphalt street



図6 インターロッキングブロック使用例（愛媛県紙産業研究センター
四国中央市）
Illustration of blocks



図7 炉内雰囲気調整機能付き電気炉
Electric oven with atmosphere controller

3 今後の取組み

3.1 研究設備

当社の研究所内には、処理対象物の燃焼・溶融特性および最適処理条件などの調査研究を目的として、小、中、大の三つのスケールの試験装置を所有している。小規模ラボ試験として炉内雰囲気調整機能付きの電気炉（図7）にて、磁器ポートにサンプル（約10g）を入れて加熱・溶融する設備で、数kg程度の代表的試料があれば、簡便・迅速に溶融特性を把握できる。



図8 ロータリーファーネス
Rotary furnace



図9 多目的試験装置
Multipurpose furnace

中規模の試験装置は、ロータリーキルンを輪切りにしたような回転炉・ロータリーファーネス（図8）で、1バッチ50～200kgの試料をバーナにより加熱し、燃焼や熔融状況を観察可能である。本装置は、時間経過を炉内での移動と見立てるシミュレータであり、各種処理対象物の最適処理条件を探査することができる。

ロータリーファーネスの諸元を次に示す。

内径 1.3m

幅 0.5m

大規模テストとしての実証試験機・多目的炉（図9）は実機と同様の構造を持つ連続処理装置で、10～15t/日の処理能力があり、設計条件の最終確認などに用いる。

多目的試験装置の諸元を次に示す。

内径 1.1m

長さ 5.0m

傾斜角度 0～5°

3.2 今後の取り組み

今までに蓄積された多数の実験データを生かして、効率的にテストを計画・実施し、特に一般廃棄物焼却灰の熔融特性調査の他、多様な産業廃棄物に関して経済的で確実な処理条

件の調査や、特殊な廃棄物から有価金属などを回収・再資源化する研究などの計画を進めている。

4 むすび

本報では、スラグ排出型ロータリーキルンを廃棄物の再資源化に適応する事例を紹介した。

近年、産業廃棄物における顧客のニーズは適切な処理や減容化からリサイクルに変化している。

それに伴い、廃棄物処理設備も資源や製品の生産設備へと役割を変化している。

リサイクル全般に負担となっている経済性に対する改善が急務である。

経済性の高いプロセスの提案および設備化が環境社会に貢献する役割であり、今後とも再資源化の研究開発を進めていく考えである。

（参考文献）

住友金属工業株式会社, 入手先 <<http://www.sumitomometals.co.jp/>>, (参照 2005-4-4).

光和精鉱株式会社, 入手先 <<http://www.kowa-seiko.co.jp/>>, (参照 2005-4-4).

愛媛県, 入手先 <<http://www.pref.ehime.jp/>>, (参照 2005-4-4).

清掃工場における灰熔融設備の安定稼働への取組み

Stable Operation of Ash Melting Furnace in MSW Incineration Plant

篠原 正都* 林 真介*
Masato SHINOHARA Shinsuke HAYASHI



板橋清掃工場
Itabashi Incineration Plant

ごみ焼却灰と集じん灰は、特に集じん灰では、重金属とダイオキシン類が比較的多く含まれるが、熔融スラグ化することで無害化できる。さらに、得られたスラグを土木資材などにリサイクルすれば、最終処分場の埋立負荷軽減および延命化にもつながる。しかしながら灰熔融は、高温で複雑な物質を熔融させていることから、トラブル事例の多いプロセスである。当社は、灰の前処理と受入れ供給に独自の工夫を加えて、国内最大規模の灰熔融設備を2年半以上安定稼働させている。

本報では、システムを紹介し、長期稼働データを報告する。

Relatively high amount of toxic substances such as heavy metals and dioxins are contained in the residue from Municipal Solid Waste (MSW) incineration, especially in fly ash. It is a solution of this matter to melt the ash into molten slag, which is enough non-toxic to be used as sand substitution for road construction. We have developed the pretreatment system for bottom ash and the receive/store/feeding system for fly ash, which make the operation of ash melting furnace more stable. And then we have achieved to continue the stable operation for more than two and half years. This report presents the overview of the system and the data of the successful long term operations.

1 まえがき

地球温暖化および資源枯渇の対策として、ごみ処理においては循環型社会形成を推進させる3R (Reduce, Reuse and Recycle) が重視されている。当社が納入した板橋清掃工場では、ごみ発生抑制 (Reduce) に対応した焼却能力設定、既存建築物再利用 (Reuse) と解体廃棄物発生抑制 (Reduce)、高効率発電と熱供給による余熱利用 (Thermal Recycle)、そして焼却灰の熔融スラグ化・土木資材化 (Material Recycle) によって、明確に3Rを具現化している。特に、Recycleを担う灰熔融設備は、近隣の3箇所の清掃工場から焼却灰を受入れて、熔融・資源化する国内初の事例であり、東京二十三区清掃一部事務組合の可燃ごみ焼却灰資源化にとって重要な役割を果たしている。

本プラントは、ごみ焼却能力 (1200t/日 = 300t/日 × 4系列) であった旧施設の建物を利用して、最新の高効率発電付きごみ焼却炉 (600t/日 = 300t/日 × 2系列) と灰熔融設備 (180t/日 = 90t/日 × 2系列) を建設したものであり、2002年11月に竣工して以来、2年半以上にわたって順調に稼働している。灰熔融プロセスは、1200以上の高温で複雑な成分の焼却灰を熔融することから、従来からトラブル報告事例も多く、安定した連続稼働を実現させるには、設計・製造・運転管理に細心の注意が必要となる。板橋清掃工場の熔融炉には、実績が多く信頼性の高い大同特殊鋼株式会社のアーク式熔融炉を選定し、ごみ焼却炉との接続部分に当社のノウハウを生かし、特徴あるシステムを組み込んだ。

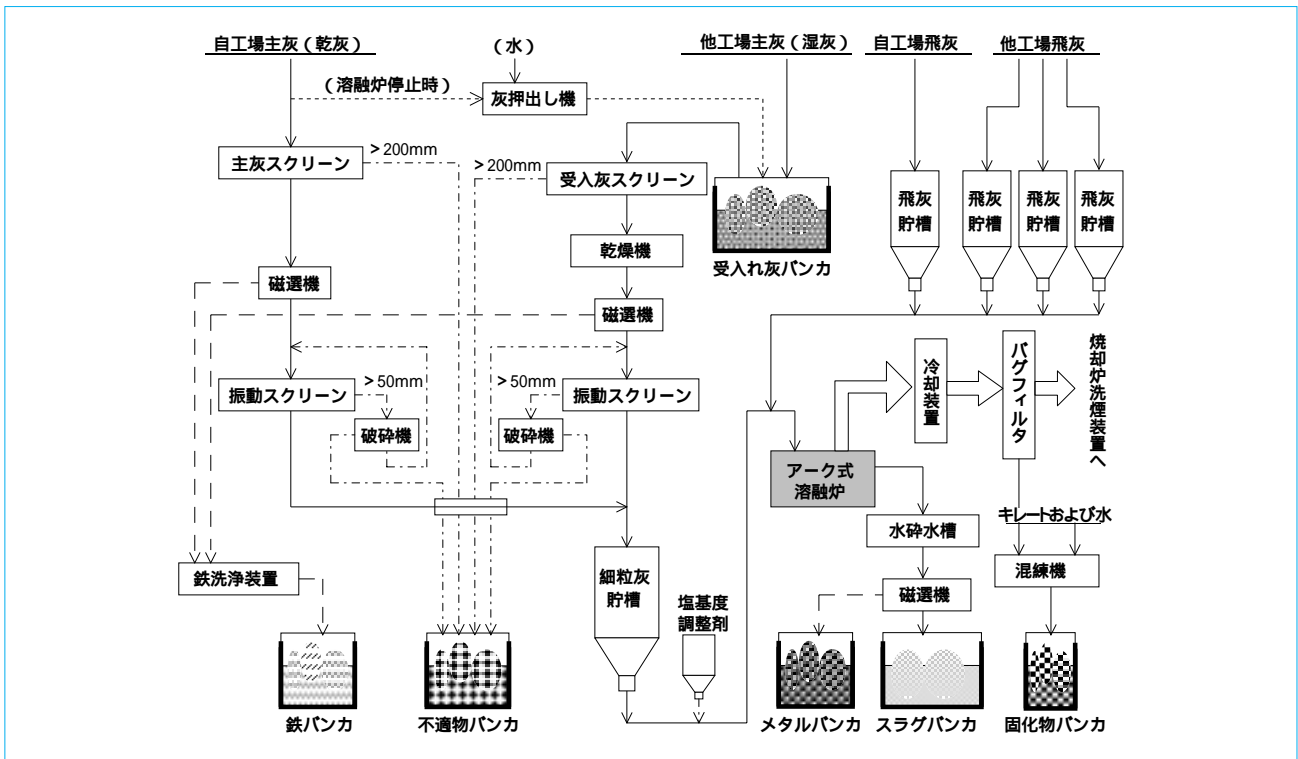


図1 灰処理プロセスフロー
Ash treatment process flow

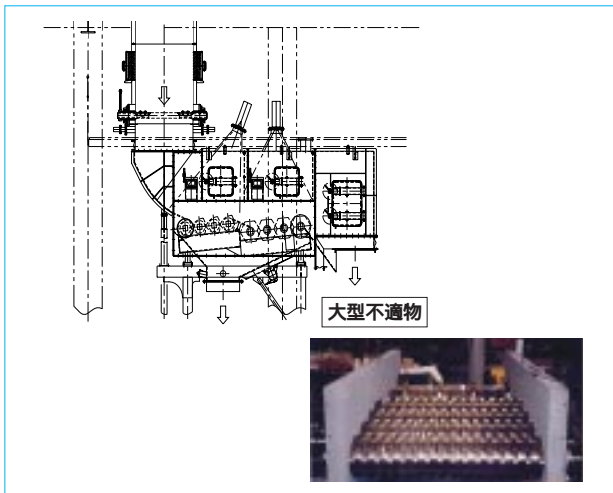


図2 ローラグレード
Roller grade type screen for bottom ash

2 灰熔融プロセス

図1に、焼却灰(主灰)、集じん灰(飛灰)、異物、鉄およびスラグの処理を主体としたプロセスフローを示す。

自工場の主灰は、乾灰の状態の主灰スクリーンにより200mm以上の大きさの熔融不適物を除去した後、磁選機で鉄分が除去される。熔融不適物と磁性物が除去された主灰は、50mm以下に破碎・選別され、細粒灰貯槽に貯留される。他工場からの主灰(湿灰)は、一度受入れ灰バンカに貯留され、受入れ灰スクリーンにより200mm以上の熔融不適物を除去し、乾燥機で乾燥後、自工場主灰と同様に、磁選・破碎され細粒灰貯槽に貯留される。

自工場の飛灰とジェットバック車で搬送された他工場の飛灰は、工場ごとに別々の飛灰貯槽に貯留される。細粒灰貯槽、飛灰貯槽より主灰、飛灰は各々定量的に切出され必要に応じて塩基度調整剤を供給し、アーク式溶融炉に投入され1200以上の高温で熔融スラグ化される。熔融スラグは、水砕水槽にて急冷・粉碎され、磁選機で磁性物(メタル)を分離後、スラグバンカに貯留される。溶融炉からの発生する排ガスは、200以下に冷却されバグフィルタにて除じん後、焼却炉の洗煙装置へ送られる。集じん灰(溶融飛灰)は、キレート剤と水分を添加し混練する、キレート処理により重金属溶出を防止し、固化物バンカに貯留される。

2.1 主灰前処理システムの特徴

主灰前処理の中の特徴ある設備として、乾灰用主灰スクリーンと鉄分洗浄装置がある。

自工場主灰を乾灰のまま前処理することから、焼却炉出口シュートに直結した主灰スクリーンは、高い信頼性が要求されるが、本用途に最適な形式としてローラグレード(図2)を採用した。ローラグレードは8列に並べた横軸に前段三角の円盤を4列、後段は六角の円盤を4列配置した構造で各軸の間隔を200mm程度とし、軸を回転させることで主灰中の大型不適物を円盤の回転により搬送するとともにふるい分けしている。この方式は、長尺ものが混入した時円盤の回転とともに運ばれ、網下で詰まることなく、効率よく除去でき、金網が存在しないので針金状のものが絡みつきにくい。ローラグレードの採用により、主灰スクリーン自体の詰まり、後段の搬送・貯留槽関係での問題を解決し、前処理設備の安定した連続運転を可能にしている。また、ふるい分け機構が振動によらないため運転時の騒音が低く、気密性保持が確実であることも大きな特長である。



図3 鉄分洗浄装置
Washing device for selected iron

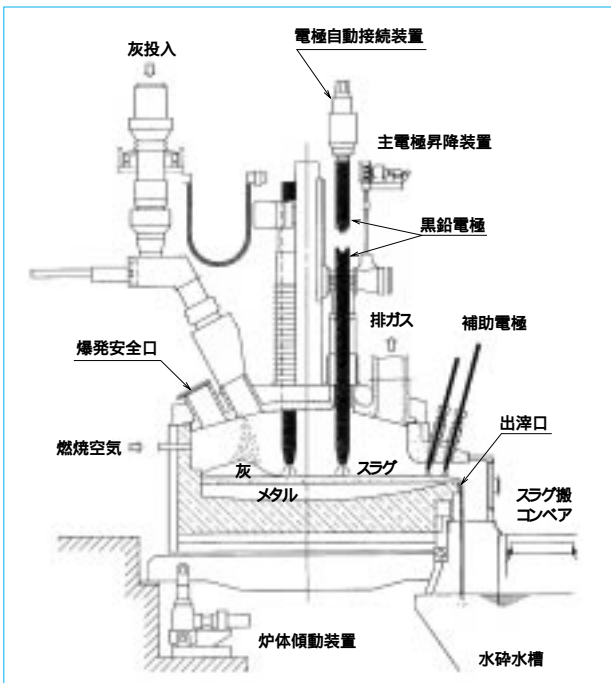


図4 アーク式灰熔融炉
Ash melting furnace

磁選機で除去された鉄分は、最終処分場に搬送されるが、最終処分場で主灰の飛散防止を目的に、鉄分洗浄装置(図3)にて十分に付着灰を洗浄除去する。鉄分洗浄装置は、水没式のエプロンコンベアで、鉄分はメッシュになったエプロン上で水流とエアレーションにより攪拌・洗浄され、表面に付着している主灰の除去を行っている。

2.2 他工場飛灰の受入

灰熔融設備では被熔融物の性状を一定範囲に保つことが、安定した熔融処理を継続する上で極めて重要である。特に、熔融物の塩基度(CaO/SiO₂)は、熔融温度やスラグの流動性に大きく影響する。塩基度が高くなると融点が上がリ、塩基度が低いと流動性が悪くなる傾向にある。主灰の塩基度は概ね0.8前後と一定で熔融処理は比較的容易であるが、飛灰は塩基度が高く施設による違いも大きいことから、その供給量が偏ると熔融状況が大幅に変動してしまう可能性がある。

板橋清掃工場にて受け入れている他工場の主灰・飛灰は、次のとおりである。

A工場(流動床炉400t/日) 飛灰(塩基度: やや低い)



図5 出滓滓口と水砕スラグ
Slag tap and slag crushed water

表1 主灰・飛灰の成分分析
Component of bottom ash and fly ash

| | CaO (%) | SiO ₂ (%) | MgO (%) | Al ₂ O ₃ (%) | Fe ₂ O ₃ (%) | T・Cl (%) | Na (%) | K (%) | その他 (%) | 塩基度 (CaO/SiO ₂) |
|----|------------|-------------------------|------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-----------|----------|------------|--------------------------------|
| 主灰 | 28.8 | 35.2 | 2.6 | 12.1 | 4.0 | 0.4 | 2.8 | 1.1 | 13.0 | 0.82 |
| 飛灰 | 38.6 | 16.9 | 3.3 | 9.4 | 0.8 | 9.6 | 3.1 | 3.2 | 15.1 | 2.28 |

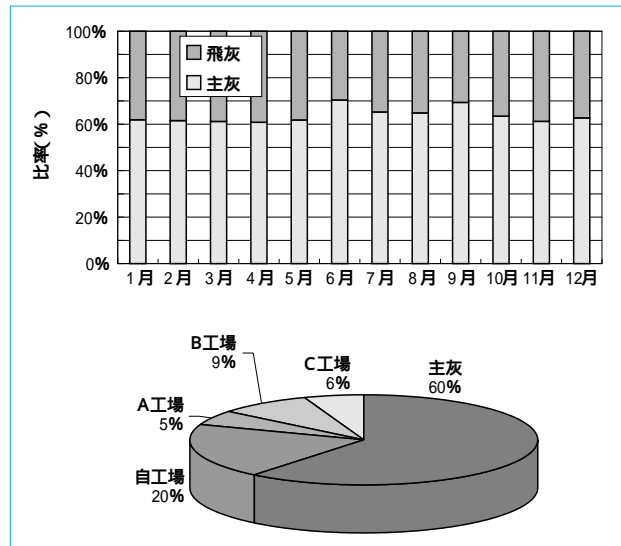


図6 熔融対象物の内訳(2005年度)
Rate of bottom ash and fly ash

B工場(ストーク炉600t/日) 主灰, 飛灰(塩基度: 高い)
C工場(ストーク炉300t/日) 主灰, 飛灰(塩基度: やや高い)

板橋清掃工場では50m³の受入れ飛灰貯槽を8槽備えており、自工場および他工場からの飛灰を各々別の貯槽に貯留している。これら個別に貯留・管理された飛灰は、個別の目標量になるように定量的に切り出すことが可能となっている。

2.3 灰熔融設備安定稼働

図4に、アーク式熔融炉の断面を示す。熔融の原理は、炉内に配した黒鉛電極に3相交流電圧を印加し、被熔融物を介して3相の交流アーク放電を発生させる。このアークの高温で、熔融炉内は1200以上に保たれ、投入された主灰・飛灰は短時間に熔融し、熔融スラグとなって出滓口より溢流し、水砕水槽へ流入する(図5)。

表1に、自工場の主灰・飛灰の成分例を示す。塩基度は、主灰で0.82、飛灰で2.28となっている。

熔融温度を上げることは、熔融に必要なエネルギー(電力および炭素電極)の消費が増加するだけでなく、熔融炉耐火

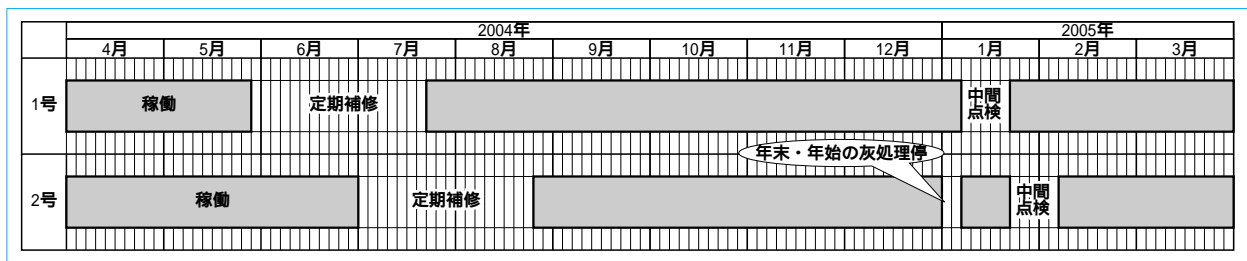


図7 熔融設備稼働状況
Operation record of melting furnace

表2 スラグ中重金属の分析
Concentration of heavy metal in molten slag and leaching test

(2002年12月～2004年9月)

| 項目 | 単位 | 基準 (*3) | 平均値 | 最小値 | 最大値 | 標本数 | | | |
|------------------|----------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|----|
| 溶出試験結果 (*1) | mg/ | Cd | 0.01 以下 | 0.001 未満 | 0.001 未満 | 0.001 未満 | 22 | | |
| | | Pb | 0.01 以下 | 0.005 未満 | 0.005 未満 | 0.007 未満 | 22 | | |
| | | Cr ⁶⁺ | 0.05 以下 | 0.04 未満 | 0.04 未満 | 0.04 未満 | 22 | | |
| | | As | 0.01 以下 | 0.005 未満 | 0.005 未満 | 0.005 未満 | 22 | | |
| | | T・Hg | 0.0005 以下 | 0.0005 未満 | 0.0005 未満 | 0.0005 未満 | 22 | | |
| | | Se | 0.01 以下 | 0.002 未満 | 0.002 未満 | 0.002 未満 | 22 | | |
| | | F | 0.8 以下 | 0.2 | 0.1 未満 | 0.3 | 5 | | |
| | | B | 1 以下 | 0.1 未満 | 0.1 未満 | 0.1 未満 | 5 | | |
| | | 含有量試験結果 (*2) | mg/kg | Cd | 150 以下 | 0.15 未満 | 0.15 未満 | 0.15 未満 | 18 |
| | | | | Pb | 150 以下 | 7.2 | 0.15 未満 | 14 | 18 |
| Cr ⁶⁺ | 250 以下 | | | 2.5 未満 | 2.5 未満 | 2.5 未満 | 18 | | |
| As | 150 以下 | | | 0.15 未満 | 0.15 未満 | 0.15 未満 | 18 | | |
| T・Hg | 15 以下 | | | 0.15 未満 | 0.15 未満 | 0.15 未満 | 18 | | |
| Se | 150 以下 | | | 0.15 未満 | 0.15 未満 | 0.15 未満 | 18 | | |
| CN | 50 以下 | | | 0.5 未満 | 0.5 未満 | 0.5 未満 | 18 | | |
| F | 4,000 以下 | | | 186 | 50 未満 | 850 | 18 | | |
| B | 4,000 以下 | | | 358 | 140 | 540 | 18 | | |

* 1 環境庁告示第46号による試験
* 2 平成15年環境省告示第19号による試験
* 3 斜体数値は組合が別に定めた品質管理， はJIS案の基準値

物の寿命にも大きな影響を与える。適正な熔融温度となるように、必要に応じて塩基度調整剤(けい砂)を加え、熔融対象物の塩基度を調整しているが、塩基度の目安を概ね1.0とし、主灰、自工場飛灰および受入れ飛灰の投入割合を調整している。仮に、他工場からの飛灰を無造作に順次混合して受入れた場合には、受入れ飛灰の塩基度変動の影響を大きく受け、塩基度調整が難しくなって、安定した熔融炉の操作が困難となる。板橋清掃工場では、前述のとおり受入れ飛灰貯槽の適正な管理・運営ができるシステムとなっていることから、図6に示すような主灰と飛灰の平均的混合割合(60～70:40～30と一定)にて、熔融設備の経済的な安定稼働が行われている。図7に、2004年度の熔融炉稼働状況を示す。1号炉および2号炉ともに灰処理の停止は、年末・年始の焼却設備の停止に伴うものと中間点検時および定期補修工事期間である。定期補修工事の期間は通電を停止し、熔融炉内の点検・耐火物の部分的な交換工事を行っている。また、毎月1～3日通電状態で灰処理を停止し、出滓口および補機設備の点検を行っている。

2.4 熔融スラグのリサイクル

表2に、東京二十三区清掃一部事務組合にて実施している熔融スラグの品質試験結果を示す。溶出試験および含有量試験ともに品質管理基準を十分満足しており、熔融スラグの

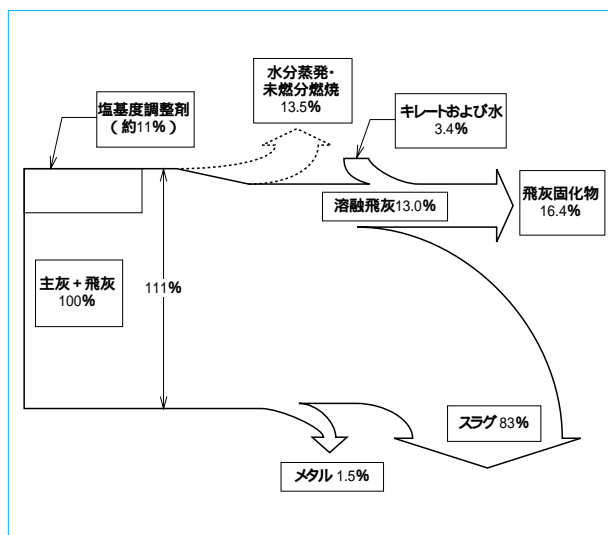


図8 灰熔融炉物質収支
Mass balance in ash melting process

有効利用に対する安全性が確認されている。熔融スラグは、土木資材などにリサイクルされることから、専用ヤードに貯留後搬出されている。

図8に、月平均から求めた灰熔融炉の物質収支割合を示す。投入した主灰と飛灰の重量を100%として、約83%がスラグに、約13%が熔融飛灰となっている。熔融飛灰には、鉛および亜鉛などの資源が濃縮しており、現状ではキレート処理後埋立処分しているが、金属精錬業への再資源化委託も、一部自治体で実例が出て来ており、今後の課題である。

3 むすび

既設建物を再利用した板橋清掃工場は、高効率発電と灰熔融によるリサイクルで、循環型社会形成を推進しているプラントである。

独自の主灰前処理と飛灰受入れ貯留システムの適用により、他工場からの受入れ灰を含め、灰熔融設備は2年半以上順調に安定稼働している

熔融スラグは、安全でリサイクル可能な品質である。

(参考文献)

- 中村純一、仁木将博、渡部浩司、添田剛史. 板橋清掃工場における壁面緑化について. 全国都市清掃研究・事例発表会, 2005.
- 阿波俊一、菊池幸雄、伊藤真作. 焼却灰熔融スラグ利用促進の取組み. 全国都市清掃研究・事例発表会, 2005.

カスケード式汚泥かき寄せ機

Cascade Type Sludge Collector

早川 稔*
Minoru HAYAKAWA



沈殿池正面



沈殿池底部

カスケード式汚泥かき寄せ機
Aspect of cascade type sludge collector

1 はじめに

下水処理場の最終沈殿池は、かき寄せ能力不足が生じた場合、直ちに処理水質悪化を招くことから、十分なかき寄せ能力が必要である。従来は、下水処理場の最終沈殿池の汚泥かき寄せ機としてチェーンフライト式汚泥かき寄せ機が主力機種として採用されてきた。チェーンフライト式は、下水処理場の歴史初期から使用されてきたが、耐久性向上や維持管理性向上の観点から、年々材質および構造が改善され、コスト的にも高価な製品となってきている。

一方、昨今の国、自治体の財政難から、建設コストがより安価で、維持管理費のかからない製品が求められている。

さらに、京都議定書では「2010年における温室効果ガスの排出量を1990年度比6%削減」となっており、その達成に向けて消費電力の削減努力が今まで以上に必要となっている。

そこで、従来のチェーンフライト式汚泥かき寄せ機と同等なかき寄せ能力を持ち、インシタルコストが小さく、かつ据付けが容易で維持管理性に優れ、消費動力が少ない往復動機構を持つカスケード式汚泥かき寄せ機の開発を行った。

2 構造

2.1 全体構成

カスケード式汚泥かき寄せ機の構成は、図1のように、サイクロ減速機、駆動チェーン、駆動軸、ピンギア、固定チェーン、被動軸、搬送軸（主ローラ付き）、フライト（補助ローラおよび連結軸付き）および主ローラガイド・補助ローラガイド（案内フラップ付き）から成っている。

2.2 かき寄せの機構

汚泥かき寄せの機構を、図2に示す。フライトが垂直に下

りた状態でサイクロ減速機が正転してピンギアによって被動軸を前方に移動し、同時にフライトが汚泥をかき寄せる。フライトの補助ローラが下部案内フラップを通過して、かき寄せ終了位置まで前進して停止する。その後、サイクロ減速機の逆転でピンギアによって被動軸を後方に移動する。フライトも後方に移動し、フライトに設置した補助ローラが下部案内フラップに乗り上げ補助ローラガイド内に入る。これにより、フライトは池底から持ち上げられて移動する。補助ローラが上部案内フラップを通過した位置で逆転を停止する。再びサイクロ減速機が正転し、補助ローラが上部案内フラップと下部案内フラップの間を通過して補助ローラガイドから出てフライトが垂直の状態となる。この時、フライト位置は後段のフライトのかき寄せ停止位置より後方となる。

以上を繰り返すことによって、フライト間の汚泥を前段のフライトに順次送り、汚泥をかき寄せることができる。

2.3 駆動方式

駆動部にインバータ制御モータを採用し、かき寄せ時に対して戻り時は2倍の速度で戻るように設定している。

正逆転の切替えもインバータで行い、正逆転用リレーの寿命を長いものとしている。また、汚泥の性状および量によって最適なかき寄せ速度および戻り速度に設定できる。

駆動装置には、ロータリーエンコーダを組み込み、フライトの往復動を精度よく制御できる。

2.4 けん引部

けん引部には直線ローラチェーンとスプロケットを組み合わせたピンギア方式を採用し、サイクロ減速機の回転運動を往復運動に変換している。ピンギア方式のチェーンはけん引部本体に固定されていることから、チェーンの伸びやスプロケットの歯飛びが生じない。また、固定されたチェーンと

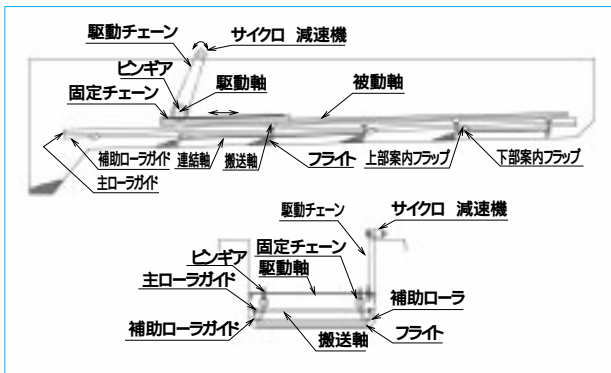


図1 カスケード式汚泥かき寄せ機の構成
Composition of cascade type sludge collector

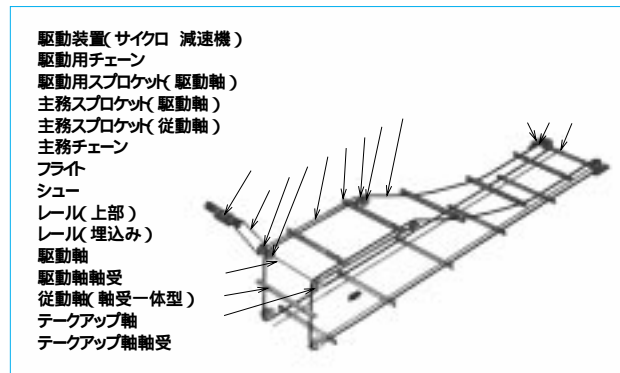


図3 チェーンフライト式汚泥かき寄せ機の構成
Construction of chain flight type sludge collector



図2 汚泥かき寄せの機構
Mechanism of sludge collector

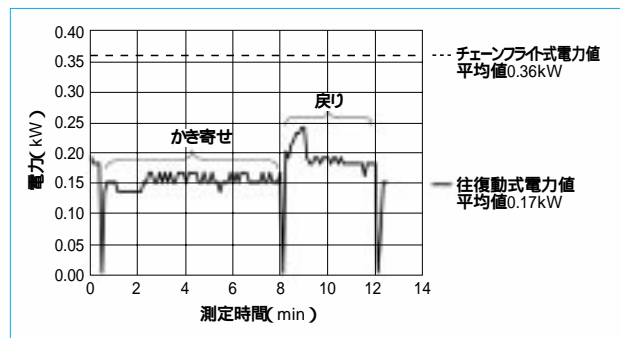


図4 消費電力比較
Comparison of electric consumption

けん引部本体の間には隙間があり、チェーン上部に乗った汚泥が抜け出るようになっている。

2.5 かき寄せ部

かき寄せ部は、搬送軸とその両端に設置した主ローラおよび搬送軸から吊り下げたフライトよりなる。

主ローラは、主ローラガイド内を往復動する。また、フライトに取り付けた補助ローラが補助ローラガイドに設置したフラップを出入りすることによって、特徴あるフライトの動きを生み出している。

フライトは、上昇時および下降時とも垂直に引き上げ・引き下げが行われることから、汚泥のかき乱しがなく、良好なかき寄せ能力を発揮する。

カスケード式汚泥かき寄せ機は、摺動部がなく、ローラによる回転運動から磨耗の防止や動力の削減が可能となっている。

3 特長

3.1 従来型チェーンフライト式の構造

従来型のチェーンフライト式汚泥かき寄せ機の構造を、図3に示す。2列のエンドレスチェーンにフライトを一定間隔で取り付け、これをスプロケットホイールを介して連続的に回転させ、池底の汚泥をかき寄せる。この時、フライトに取り付けたシューが池底に設置したレール上を摺動しながら移動する。

3.2 カスケード式の特長

3.2.1 汚泥のかき寄せが確実かつ効率的

フライトが池底に垂直に下りること、戻り時にはフライトが池底から上がって戻ることなどから、汚泥の巻上げが最小限である。

3.2.2 構造がシンプルかつ軽量

チェーンフライト式に比べて、主務チェーン、池底レールおよびフライトシューなどが不要となり、フライト数およびスプロケット数の削減によって軽量化を実現した。

3.2.3 維持管理が容易

摺動部がないことから、磨耗部品の交換頻度が少ない。

3.2.4 消費電力の削減

機器本体を軽量化し、摺動部をなくすことで、消費電力はチェーンフライト式に比べて約半分となる。カスケード式とチェーンフライト式の消費電力比較を、図4に示す。

3.2.5 更新工事に最適

土木躯体構造の変更が不要であり、また既設池底レールの撤去も不要である。

3.2.6 モジュール化およびユニット化

機器のモジュール化がされ、また、部品がユニット化されていることから、設計および据付け時間の短縮が可能である。

4 おわりに

カスケード式汚泥かき寄せ機的主要な特長をまとめる。

- 汚泥のかき寄せが確実かつ効率的である。
- 構造がシンプルかつ軽量である。
- 維持管理が容易で、消費電力を削減できる。
- 更新工事に最適である。

(参考文献)

- 下水道施設計画・設計指針と解説 後編 社団法人日本下水道協会, p.62~80, 2001.
- 往復動式汚泥かき寄せ機報告書 財団法人下水道新技術推進機構, Mar., 2004.

廃プラスチック受入れ貯留装置

Receive & Stock Device for Waste Plastic Package

飯田 聡*
Satoshi IIDA

河上 勇*
Isamu KAWAKAMI

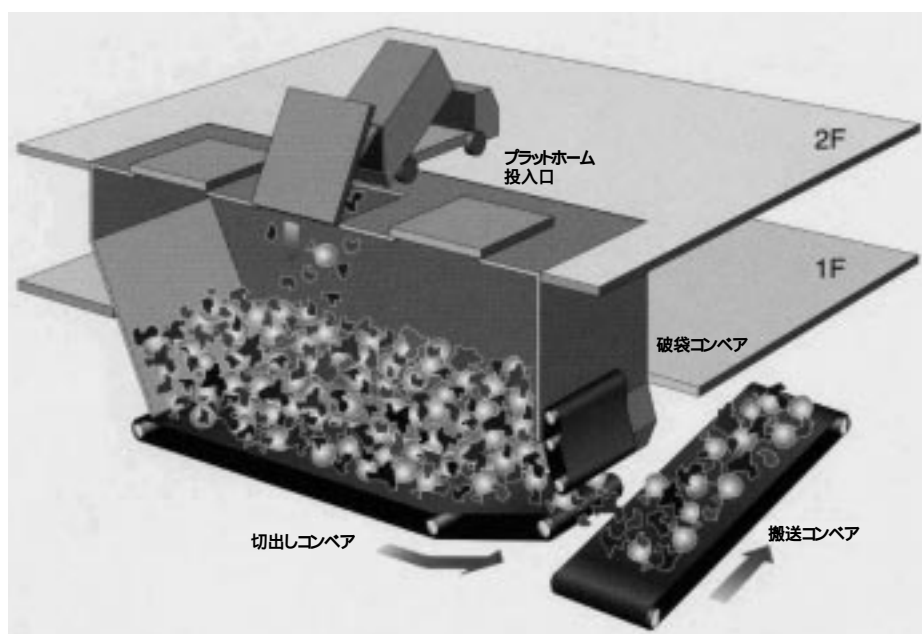


図1 廃プラスチック受入れ貯留装置
Receive & stock device
for waste plastic package

1 はじめに

2000年4月からの容器包装リサイクル法全面施行に伴い、従来のPETボトル再商品化に加えて、プラスチック製容器包装（廃プラスチック）の再商品化が本格的に行われるようになった。比重の軽い廃プラスチックを分別収集した場合、これを受け入れるリサイクル施設では、かなり大きな貯留容積が必要となる。そこで、設置面積がコンパクトで大容量の貯留が可能受入れ貯留装置を開発した。この装置は、定量切り出し機能と破袋機能を有しており、大幅な作業環境改善・省力化を実現している。従来法と比較しつつ、本装置の特徴を紹介する。

2 装置の概要

本装置の構造を、図1に示す。収集車により搬入された廃プラスチックは、プラットフォームの投入口から本装置内へ投入され、一時貯留後、底部の切り出しコンベヤと前面の破袋コンベヤにより破袋しながら確実に切り出して、後段の選別工程へ定量的に供給される。廃プラスチックを高さ方向へ積み上げる形で受入れ・貯留することから、装置内部貯留空間が有効に利用され、従来一般的に用いられている「貯留ヤード方式」に比べて、50%前後の設置面積にて大容量の貯留が可能となっている。そして、建屋のコンパクト化により、限られた敷地を有効に使った場内車輛動線計画を適切に行うことが可能となる。また、受入れ貯留された廃プラスチックを選別工程へ重機で投入する作業が不要となることから、プラットフォーム内を重機が走り回らないようになり、図2に示す

ような合理的な配置により、受入れ車輛動線のみならず、再生品の貯留・搬出作業の動線も極めてスムーズなものとなる。さらに、本装置の投入口は常時閉じてプラットフォームのような大きな空間への臭気拡散を防止しており、装置内の廃プラスチックも順次排出されて長期滞留による腐敗臭の発生がないことから、施設周辺への臭気漏洩対策を効率的に行うことができる。従来の貯留ヤード方式で見られるような、廃プラスチックの散乱もない。

本装置によるメリットは、次の4点である。

コンパクト化により、経済的・合理的レイアウトが可能である。

重機を使うことなく、無人で受入れ・貯留・供給が可能である。

作業環境の保全と万全な臭気漏洩防止を実現している。廃プラスチックの散乱による環境の悪化防止を実現している。

3 従来方式との比較

従来の2方式（貯留ヤードおよびピット&クレーン）と本装置による方式とを比較する。表1に、従来方式と本方式の比較を示す。

3.1 貯留ヤード方式

貯留ヤード方式は、コンクリートの床と仕切り壁でスペースを確保しショベルローダによる作業によって貯留と投入を行うものである。中小規模施設向けの代表的な方式であるこの方式では重機からの騒音・排気ガスが発生する他、臭気やホコリなど劣悪な作業環境となることが危惧される。また、

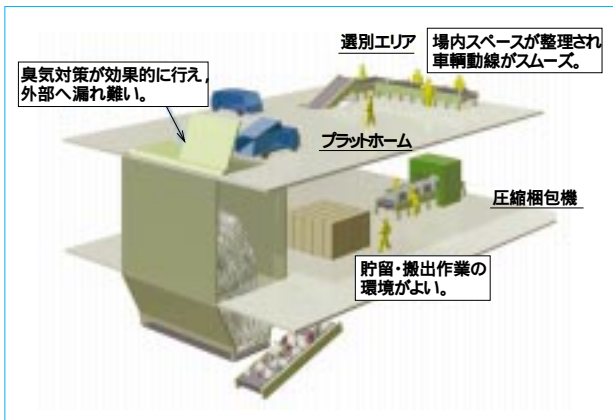


図2 廃プラスチック受入れ貯留装置の配置
Plant layout of receive & stock device

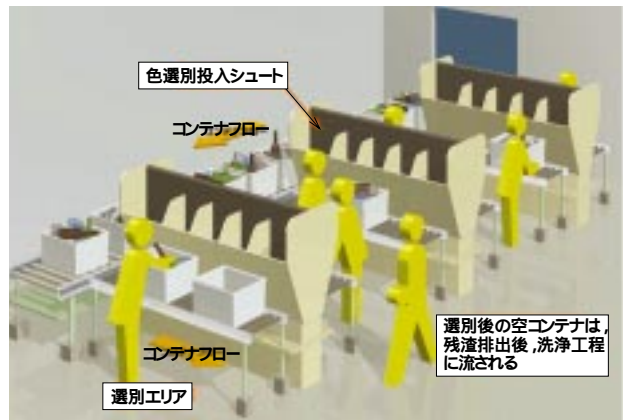


図4 ステーション式ピン手選別システム
New system for color sorting of bottles with stations

表1 貯留方式比較
Comparison of stock type

| | 廃プラスチック受入れ貯留装置 | 評価 | 貯留ヤード方式 | 評価 | ピット&クレーン方式 | 評価 |
|------|----------------|----|---------|----|------------|----|
| 労働環境 | 良好 | | 悪い | × | 良好 | |
| 臭気対策 | 十分 | | 不十分 | × | 対策要 | |
| 安全性 | 良好 | | 注意要 | × | 良好 | |
| 設置面積 | 小スペース | | 大 | × | 中 | |
| 運用管理 | 容易 | | 複雑 | × | やや複雑 | |
| 運転要員 | 少ない | | 多い | | 普通 | |

表2 平塚市リサイクルプラザの処理能力
Disposition ability of Hiratsuka Recycle Plaza

| 処理能力 | 廃プラスチック | 22.3t/5h |
|------|---------|----------|
| | スチール缶 | 3.8t/5h |
| | アルミ缶 | 2.2t/5h |
| | ビン | 12.8t/5h |
| | ペットボトル | 3.5t/5h |
| | 合計 | 44.6t/5h |



図3 平塚市リサイクルプラザ
Recycle Facility in Hiratsuka City

平塚市リサイクルプラザを示す。本施設では、市内から収集された資源ごみ（缶類、ビン類、PETボトルおよびその他プラスチック類）を一時貯留し、リサイクル品へ再利用するために各種の異物除去をする。その後搬送効率を考慮し圧縮・減容・梱包し、成形品としてストックヤードに貯留する。

なお、本リサイクルプラザでは、回収ビンの効率的な選別システムを採用している。

この新しいステーション式ピン手選別システムは、従来の課題を解決して作業効率の向上を目指している。コンテナ収集されたピンを選別作業員が独立した選別ステーションで作業性よく5色の色選別を行うものである（図4）。このシステムでは、処理の目標数により稼働する選別ステーションの数（作業員人数）を調整させることができ、最低1人の選別作業員でも色選別処理が可能となる。

平塚市リサイクルプラザの処理能力を、表2に示す。

廃プラスチックは、付着物などにより臭気発生があることから、屋内貯留とはいえ貯留ヤードに山積みすることにより、広いスペースを臭気が充満することになり、臭気漏洩防止が不十分になる傾向にある。

3.2 ピット&クレーン方式

ピット&クレーン方式は、ごみ焼却場をはじめ多数の実績がある受入れ貯留方式で、クレーンによりクリーンで安全な操業が可能である。しかし、ピット&クレーン方式は建設費が高く、大きなスペースが必要となることから、大規模施設への適用に限られる傾向となる。また、底部に滞留した廃プラスチックによる臭気対策も必要となる。

4 納入事例

本装置は、神奈川県・平塚市リサイクルプラザ（愛称『くるりん』）の廃プラスチック受入れ貯留設備に採用され、2004年3月に竣工して以来、順調に稼働している。図3に、

5 おわりに

廃プラスチック受入れ貯留装置は、特徴ある貯留方法により施設のコンパクト化を実現している。

従来の2方式（貯留ヤードおよびピット&クレーン）と比較すると、作業環境は著しく改善された。

その納入事例として平塚市リサイクルプラザは、他にもピン手選別システムなど、工夫を凝らした装置を新規採用した施設である。

（参考文献）

「リサイクルプラザにおけるプラスチック製容器包装の貯留システム」- 貯留型受入れホッパ - 社団法人日本環境衛生施設工業会、JEFMA no.52, 2005.

MEMSを用いたサージ光抑制器の開発

Development of MEMS-based Optical Surge Suppressor

三 玉 一 郎* 平 田 徹* 阿 部 昌 博* 牧 田 紀 久 夫** 芝 和 宏**
 Ichiro MITAMA Toru HIRATA Masahiro ABE Kikuo MAKITA Kazuhiro SHIBA

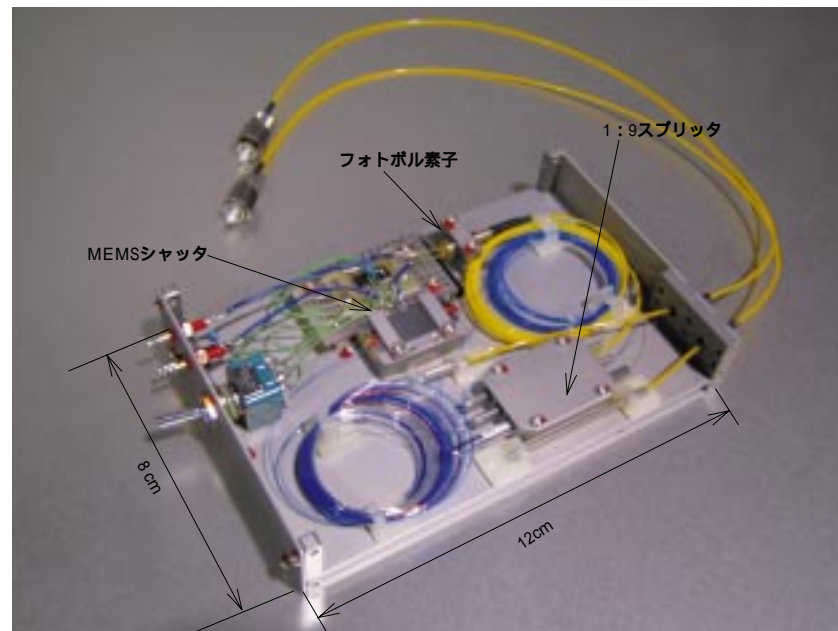


図1 サージ光抑制器モジュール
 Optical surge suppressor module

本報ではMEMS技術を用いたサージ光抑制器を提案する。このサージ光抑制器は過失、あるいは故意に光通信ライン上流から投入された過大な光を感知し、通信ラインを遮断することにより下流の光素子の破損を防ぐことを目的としている。構成としては、本装置はMEMSシャッターとフォトボル素子から成る。通信サージ光の一部をフォトボル素子に分岐させることによって、フォトボル素子で発生した電圧を動力としてMEMSシャッターを駆動させる。これにより、サージ光抑制器は外部電源を必要としない無給電構造となっている。本サージ光抑制器の初期挿入損失は、1.5dBである。また、動作するサージ光レベルは10dBm(10mW)付近であり、パワーレベルをインラインにモニタしてMEMSシャッターを動作させる。この動作サージ光レベルは、フォトボルのアライメント調整などによって調整可能である。この時のMEMSシャッターの消光比は、40dBである。本サージ光抑制器はサージ光が鎮静した時にはフォトボルからの電圧供給が途絶えることから、通信ラインが自動的に回復する点も特徴的である。

This report presents an optical surge light suppressor based on MEMS technology. The device aims to preclude the downing of sensitive optical receivers located downward by blocking the signal path, monitoring the power surge caused either intentionally or unintentionally. The device consists of MEMS-based shutter and photovoltaic cell, and activates the shutter through the voltage created by a part of surge light canalized into the cell, thus makes a complete passive operation possible. The insertion loss being around 1.5dB, the device shuts the line at the input light power level of 10dBm with a delay of 3ms, and when the surge subsides, it automatically restores the signal line. The return loss is around 40dB, and the trigger power level is tunable through various optical design configurations.

1 まえがき

MEMSとはMicro Electro Mechanical Systems、微小電気機械システムの略である。アクチュエータおよびエネルギー源などのシステムを集積化した高度の機能を有するシステム

のことで、フォトリソグラフィなどを基本としたマイクロマシニングで実現する。MEMSをマイクロマシンと呼ぶ場合もあるが、マイクロマシンは可動部品と電子回路を持つ微細機械とされており、一方、MEMSと言うと機械、電子、光および化学などの多様な機能を集積化した微細デバイス全般

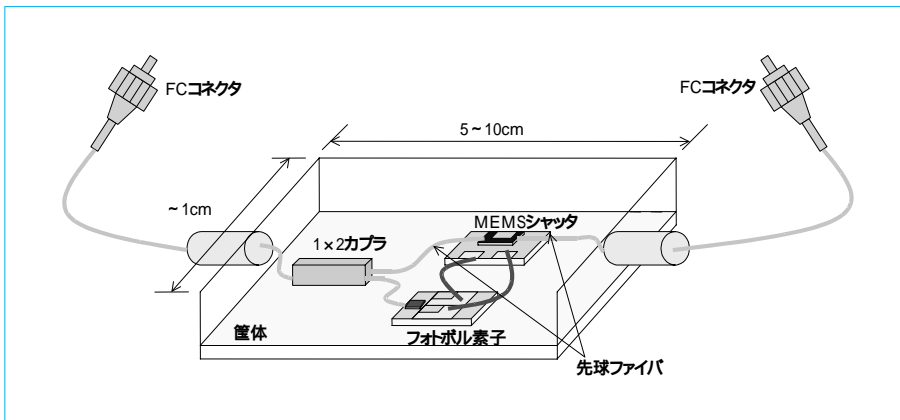


図2 サージ光抑制器の概略
Conceptual view of optical surge suppressor

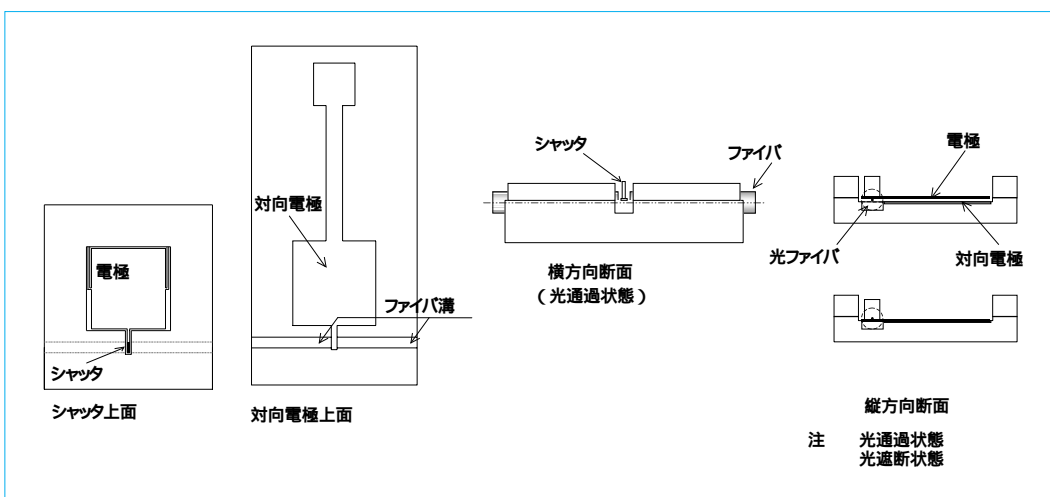


図3 MEMSシャッタの基本構成
Basic fabrics of MEMS-shutter

を示す。一般の半導体素子との違いは立体で可動部を持つという点であるが、DNAチップなど可動部を持たないものをMEMSと呼ぶ場合もある。

本報では、MEMS技術を用いたサージ光抑制器を提案する(図1)。

従来、家庭用通信回線といえば電話回線が主であった。これを光ファイバに置き換え、大容量のデータ通信サービスを次世代の通信インフラとして普及させようというものがFTTH(Fiber To The Home)構想である。近年のこのFTTHネットワークの発展に伴い、光ハッカおよび通信妨害といったセキュリティに対する新たな議論が起きて来ている。これら問題への対策として、既に光ヒューズ および保護回路といったいくつかの仕組みが提案されている。特に、前者についてはファイバ上に融着した低融点ガラスとその周りに被覆した炭素含有物により、過剰な伝送光パワーを熱に変換し、ファイバ自身を溶断するという熱破壊型のものが試作されている。しかしながら、この方式は動作パワーが1Wオーダと光素子の入力許容値に対して過大であることが問題となっている。また、組み込み型の保護回路は動作パワーは小さいものの、小ポート数の機器では高コストとなり適用が難しい。

これらの事情に鑑み、今回、MEMSシャッタとフォトボル

素子 から構成されるサージ光抑制器を開発した。通信サージ光の一部をフォトボルに分岐することによりフォトボルで電圧を発生し、この電圧を用いて静電引力で動作するMEMSシャッタを駆動する。これにより、外部電源を用いずにサージ光自身がトリガとなり、サージ光を抑制する構造となっている。MEMSシャッタは5V以下で動作する一方、フォトボル素子は1mWの入射光に対して5Vの電圧を発生する。このフォトボル素子には通信光のうち10%が分岐されることから、サージ光抑制器は10mWレベルのサージ光に対して遮断動作をすることになる。さらに、サージ光が鎮静すると同時に電圧の供給が途絶え、通信ラインを自動的に回復することから、繰返しの使用が可能である。

2 基本構成と構造

2.1 基本構成と構造

サージ光抑制器の概略を、図2に示す。

MEMSシャッタ、フォトボル素子および1x2カプラの3部品が筐体に一体化され、入出力FCコネクタが設置されている。FCコネクタから入力された信号光はカプラで分岐され、10%はフォトボル素子に、90%はMEMSシャッタを経由して出力FCコネクタに送られる。通常、通信光は1mWであ

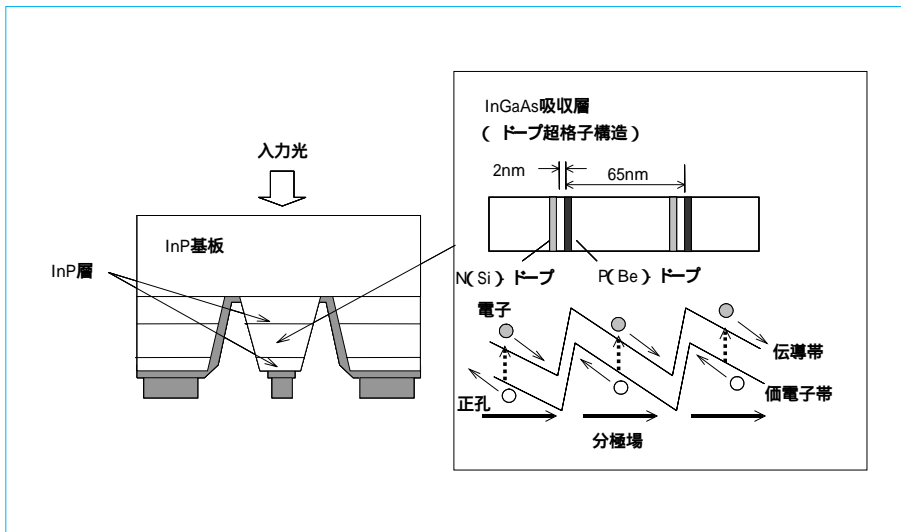


図4 非対称 ドープ超格子構造フォトボル素子の構成
Configuration of photovoltaic detector based on asymmetric doped superlattice structure

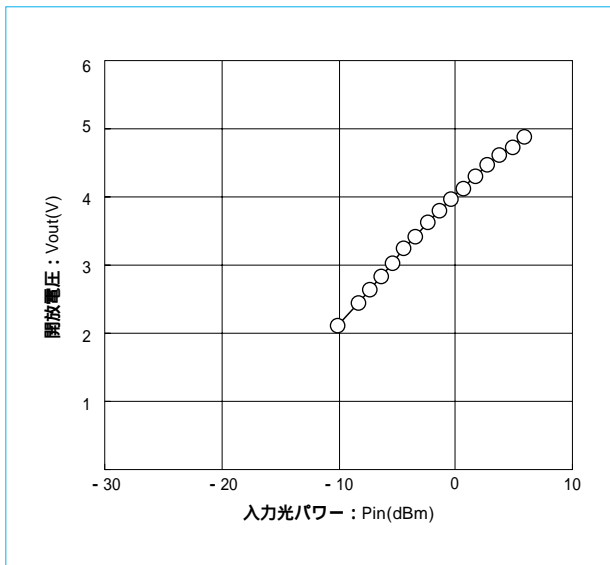


図5 フォトボル素子の典型的な開放電圧特性
Typical open-circuit voltage property of photovoltaic detector

るから、このときフォトボル素子には0.1mWの光が供給されることになる。光素子が過剰な光によって損傷を受けるとされるしきい値は10mW程度とも言われている。この10mWの通信サージ光が入力された場合、フォトボル素子には1mWの光が入射され、定格電圧5Vを発生する。これにより、MEMSシャッタに電圧が供給されシャッタを閉じ伝送路を遮断する。このようにして、出力FCコネクタの先に接続されている光素子のサージ光による損傷を防ぐ。

2.2 MEMSシャッタ

MEMSシャッタの基本構成を、図3に示す。

MEMSシャッタは、シャッタ、ファイバ溝および電極から構成される。2層構造を有し、上部モジュールにはシャッタおよび電極、下部モジュールにはファイバ溝および対向電極が作り込まれている。フォトボル素子の発生する電圧がMEMSシャッタの上下部電極間に静電引力を発生させ、上

部モジュールのシャッタを下部モジュール内のファイバ伝送路間に引下させ、それによって先球ファイバで結合された伝送路がシャッタによって遮断される。フォトボル素子により供給される定格電圧は5Vであることから、無給電で動かすにはMEMSシャッタの駆動電圧の低減化が必要である。この駆動電圧低減化の要求に対しては、Deep Reactive Ion Etching (DRIE) 技術にSilicon-On-Insulator (SOI) 技術を組み合わせることで解決した。すなわち、シリコンの深堀加工の深さをSOI構造のSiO₂をエッチストップとして制御することにより電極厚さを極限まで薄くすることが可能となった。また、電極厚さが決まった場合、駆動電圧に対しては電極の動き易さの指標となる剛性と静電引力の大きさを決める電極面積が相反するパラメータとして挙げられる。そこで、シミュレーションにより駆動電圧を最小にする両者の最適値を探ることにより、最適電極面積を決定し、さらなる駆動電圧低減化を図った。これにより、フォトボル素子単体でのMEMSシャッタ駆動が可能となった。

2.3 フォトボル素子

フォトボル素子の構成を、図4に示す。同図に示すように、光吸収領域と再結合領域を分離することにより高効率化および高速化が可能となった。また、フォトボル素子は非対称ドープ超格子構造を有しており、これにより分極が一方向に揃うこと、また、裏面入射/電極反射構造により実効吸収厚さが増大することにより高電圧化が可能となった。さらに、これらを15層の周期構造にすることにより、出力電圧のさらなる増強を図った。

フォトボル素子の典型的な開放電圧特性を、図5に示す。波長1.55μmの入力光に対し0dBm(1mW)で4Vを出力し、10dBm(10mW)付近で5V程度の飽和開放電圧が得られる。この時の飽和開放電圧が、MEMSシャッタ駆動に必要な電圧となる。

2.4 サージ光抑制性能

完成した試作モジュールにおいて、入力FCコネクタより光を入力し、出力FCコネクタからの出力光をモニターするこ

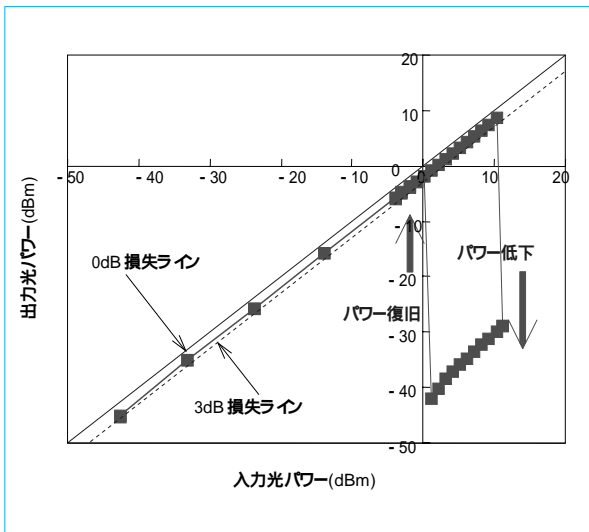


図6 サージ光抑制器の動的応答
Dynamic response of optical surge suppressor

とにより、本サージ光抑制器の応答を確認した。入力光の増加に伴う出力光の動的応答を、図6に示す。入力光パワーを -50dBm (10nW)程度から徐々に上げていくと、それに伴い出力光も 0dB と 3dB の損失ラインの間で 1.5dB 程度の損失レベルで増加していく。そして、入力光が 10dBm (10mW)に到達したところで、フォトボル素子が 5V の電圧を発生し、MEMSシャッタを駆動することで伝送路が遮断され、出力光は -30dBm まで急激に減少する。 10dBm から -30dBm へと、 40dB 程度の十分に高い消光比が得られていることがわかる。その後、今度は逆に入力光レベルを徐々に下げていくと、MEMSシャッタの挙動にヒステリシスがあることから遮断したままではあるが、出力光も徐々に下がっていく。そして、入力光が通常の通信光の 0dBm (1mW)まで下がった時に、再びMEMSシャッタは開き通信ラインが自動的に復帰する。このように、通信サージ光が鎮静した際には通信ラインが自動復帰することから、繰り返しの使用が可能である点において特徴的である。

次に、MEMSシャッタのスイッチング時間を確認した。通信光をチョッパにてON/OFFした際に、トリガ信号であるサージ光の入射に対して、どの程度の時間遅れでMEMSシャッタが遮断するかを測定した。MEMSシャッタのスイッチング時間の測定結果を、図7に示す。同図よりトリガ光入射後、約 3ms でMEMSシャッタが動作し完全に通信光を遮断していることがわかる。トリガ光に対するフォトボル素子自身の電圧立ち上がり時間は 0.4ms 程度であることを確認しており、以上の結果からサージ光抑制器全体の応答はMEMSシャッタの応答速度が律速し、 3ms 程度である。

3 むすび

MEMSシャッタにフォトボル素子を組み合わせ、低パワー入力で動作する外部電源の必要ない繰り返し使用型サージ光抑制器を開発した。

試作モジュールに関し、 10mW のトリガー光入力に対し 40dB の消光比が得られた。挿入損失は、 1.5dB 程度で

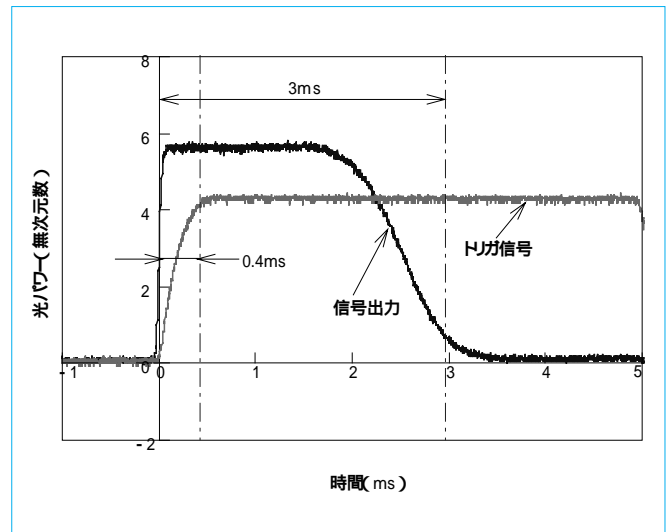


図7 MEMSシャッタの典型的なスイッチング時間
Typical switching time of MEMS-shutter

あった。

MEMSシャッタのスイッチング時間は、 3ms であった。

本サージ光抑制器が使われていくには装置の小型化が必須であり、モノリシック化を通じた小型化が今後の課題である。

(参考文献)

轟真市, 井上悟. 光ヒューズとして動作するシリカガラス製光ファイバー回線に挿入した炭素被覆 TeO_2 ガラス. 応用物理学論文, 43 2B, p.256, 2004.

Molex. Kilolambda Announce New Optical Fuse Line. <http://www.kilolambda.com/press.htm>.

牧田紀久夫. ドーピング超格子構造によるフォトボル素子の提案と試作. 平成11年度秋期応用物理学学会学術講演会, 1P-ZC-15, 1999.

人工衛星搭載用断熱消磁冷凍機の開発

Development of Space-borne Adiabatic Demagnetization Refrigerator

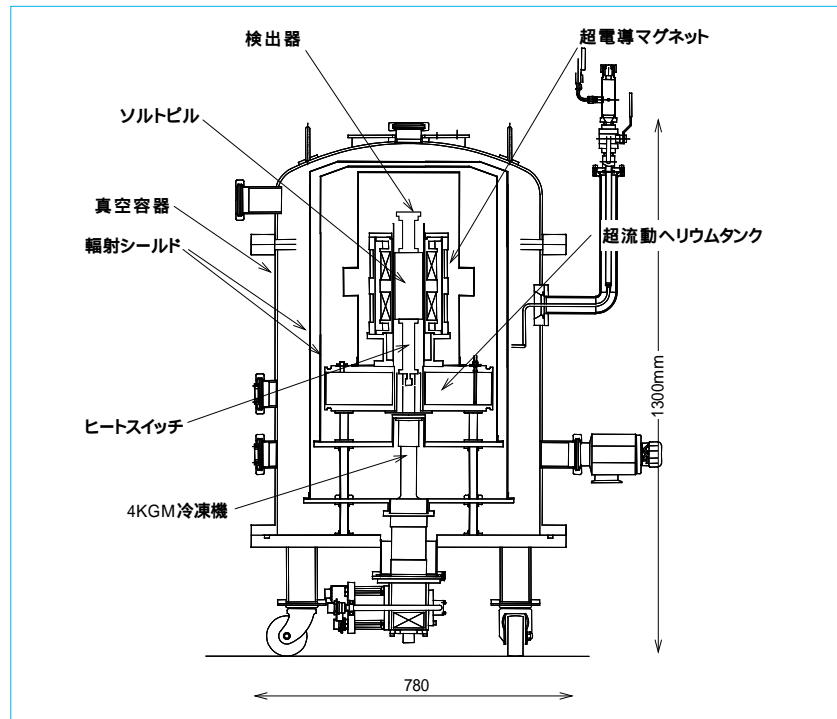
金尾 憲一* 長谷部 次教** 鶴留 武尚** 榎崎 勝弘*

Ken-ichi KANAO

Tsuginori HASEBE

Takehisa TSURUDOME

Katsuhiro NARASAKI



冷凍機の断面
Crosssectional view of refrigerator

天文観測において宇宙からの微弱な信号を感度よく観測するには、検出器を冷却することが有効である。これまで、当社は検出器冷却用に種々の人工衛星搭載用冷凍機を手がけてきた。1995年には、超電導物質を用いた検出器で1K以下の冷却を必要とする検出器が登場した。次期X線天文衛星には、この検出器が搭載される計画である。1K以下の温度を実現するべく、新たに磁性体の磁氣的相互作用を利用した断熱消磁冷凍機を開発した。開発した冷凍機は、超流動ヘリウムタンク、ガスギャップヒートスイッチ、ソルトピルおよび超電導マグネットを備えている。それぞれの要素は、設計どおりの性能が確認され、すべてを組み合わせた断熱消磁実験では、ソルトピルは2Tの磁場下で超流動ヘリウムにより1.3Kまで予冷され、ヒートスイッチをOFFにしたあとで磁場を取り去ると最低温度47mKを達成した。

Low temperature detectors are useful for sensitive astronomical observation. We have developed various space-borne cryocoolers for low temperature detectors. In 1995, a new detector was invented, which was made of superconducting thin film and required temperatures below 1K. It is planned that the detector will be equipped in the next X-ray telescope satellite. Mechanical cryocoolers can not reach such temperatures. Therefore, We have developed an adiabatic demagnetization refrigerator that utilizes the magnetic interaction. The refrigerator consists of a superfluid helium tank, a gas gap heat switch, a salt pill and a superconductive magnet assembly. Under the adiabatic demagnetization test of the device, the salt pill was cooled down to 1.3 K by superfluid helium under a magnetic field of 2T. 47mK was achieved in experiments as the lowest temperature.

1 まえがき

天文観測において、宇宙からの微弱な信号を感度よく検出するには、検出器を冷却するのが有効な手立てである。これは、天文衛星においても同様である。当社は、これまで検出器冷却用に種々の人工衛星搭載用冷凍機を手がけてきた。今回、人工衛星搭載用の超低温冷凍機に向けて要素技術開発を行った。

1985年に打ち上げられたX線天文衛星『はくちょう』以来、日本は、X線天文学の分野において世界をリードしてきている。並行して、新しい学問的領域の開拓に不可欠な検出器の高感度化への努力も行われてきた。

X線検出器は半導体を使った物が広く使われているが、1995年に超電導体を利用した検出器が発明され、現在まで開発が進められ、X線天文学や蛍光X線分析などの分野では、この検出器が実用化されつつある。この検出器は、Transition

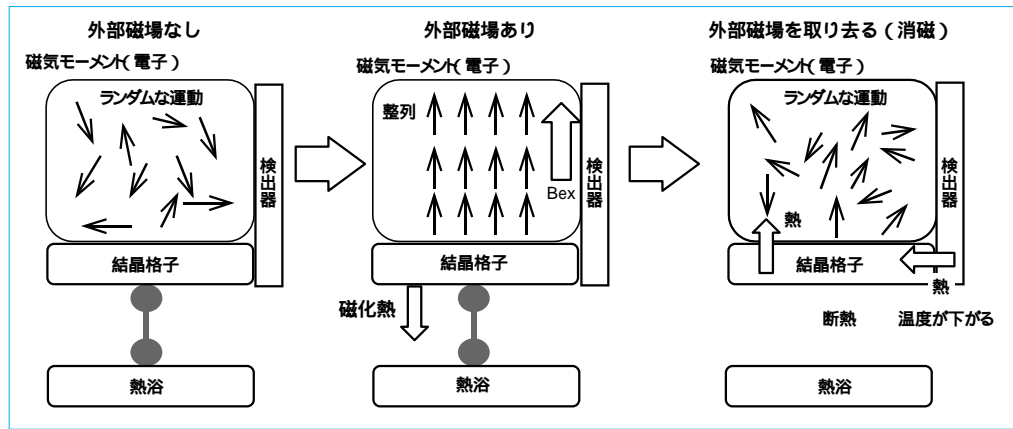


図1 断熱消磁冷凍の原理
Principle of magnetic refrigeration

Edge Sensor(TES)型X線マイクロカロリメータ (TESと略す) と呼ばれるものである。検出器に入射したX線は吸収され、熱に変化する。この熱によって生じた温度上昇を高感度の温度計で測定し、X線のエネルギーを正確に決定するのがX線マイクロカロリメータである。これは、半導体検出器に比べて10倍以上エネルギー分解能が向上する反面、超低温に冷却することが要求される。X線マイクロカロリメータは、当社が冷凍機を開発したX線天文衛星ASTRO-E2に史上初めて搭載される。TESは、超電導転移点近傍で電気抵抗の温度変化が急峻である特性を利用して温度計の感度を高めることでエネルギー分解能をさらに改良するものであるが、これまで以上の低温が要求される。次期X線天文衛星においてTESの搭載が計画されており、冷凍温度は50mKを目標としている。

このような超低温は、地上においては³He-⁴He希釈冷凍機を用いて作り出すのが一般的である。ただし、希釈冷凍機は動作原理の中に重力の存在が織り込まれており、人工衛星上で希釈冷凍機を運転することは困難である。そこで我々は、断熱消磁冷凍機 (Adiabatic Demagnetization Refrigerator ADR) を選択した。今回新たに断熱消磁冷凍機を開発し、目標である50mK以下の温度に到達できたので報告する。

2 断熱消磁冷凍の原理

断熱消磁冷凍は、1926年DebyeとGiauqueが独立に提案し、1933年Giauqueらによって実証された。断熱消磁冷凍は、常磁性体と磁場の相互作用を利用したもので、図1はその原理を模式的に示したものである。本報で述べる断熱消磁冷凍機には、常磁性塩が使われている。説明を簡単にするべく、常磁性塩の結晶を原子核が規則正しく並んだ結晶格子と電子に分けて考える。外部から印加する磁場との相互作用を示す磁気モーメントは、電子が担っている。常磁性塩では磁気モーメント間の相互作用は弱く、磁気モーメント間の相互作用だけで整列して自発磁化を持つことはない。通常は熱的に揺らいでいる。方位磁針がゆれているようなイメージである。しかしながら、外部から磁場をかけると磁場の方向に磁化する。この時磁気モーメントは整列し、動きが止まる。揺らいでいた分のエネルギーが余分になるので、磁化熱となって常磁性体の温度を上昇させる。温度を元に戻すには、この磁化熱を熱浴に捨てる。磁化熱を捨て去ったら、熱浴との熱的つながりを断ち、断熱状態にする。その後磁場を取り去ると

表1 断熱消磁冷凍機の仕様
Specifications of refrigerator

| | |
|---------|-------------|
| 冷凍温度 | 50mK |
| 冷凍能力 | 10 μ W/50mK |
| 保持時間 | 8 時間以上 |
| 漏れ磁場 | 検出器付近で、地磁気並 |
| マグネット電流 | 8A以下 |

磁気モーメントを拘束する力がなくなるので、また熱的に揺らぐようになる。この時揺らぎがエネルギーを常磁性塩の結晶格子から奪うので、温度が下がるという現象が起こる。この温度低下を利用して検出器を冷却するのである。

以上が断熱消磁の原理である。常磁性塩は断熱状態に置かれているので、一定の時間が経つと検出器などの被冷却物が発生させる熱が貯まって、温度が上昇してくる。したがって、貯めた熱を熱浴に吐き出さなければならない。この点で、10mK以下を目指す場合以外では、1960年代後半以降地上設備では連続運転が可能な希釈冷凍機が主流になっている。

一方、希釈冷凍機には、液体ヘリウムの循環装置やガスハンドリング装置が必要で、その煩雑さが敬遠される場合も出てきた。超低温生成そのものが研究対象という時代が終わりを受け、超低温は単なる道具、実験環境に過ぎない時代になっていることの現れであろう。スイッチを入れるだけで4Kまで到達できる機械式冷凍機も登場している。4Kまで冷却したい時は、これまでは液体ヘリウムを使うしかなかった。さらに、4K 冷凍機と断熱消磁と組み合わせて、液体ヘリウムもガスハンドリング装置もない超低温冷凍機が市販され始めている。

3 断熱消磁冷凍機の仕様

表1に、断熱消磁冷凍機の仕様を示す。冷凍温度50mKは、TES検出器からの要求である。断熱消磁冷凍機は熱を吸収して貯めこむ冷凍機なので、冷凍能力は熱負荷だけでなく、その温度を保持できる時間も示さなければならない。要素技術開発の段階であるので8時間であるが、人工衛星搭載の段階では24時間以上の保持時間が求められている。漏れ磁場の値も、TES検出器からの要求である。TES検出器は超電導体でできているので、磁場にさらされると超電導転移点や臨界電流値などの物性値が変化してしまう。したがって、TES検出器を使うには、漏れ磁場をできるだけ小さくしなければならない。

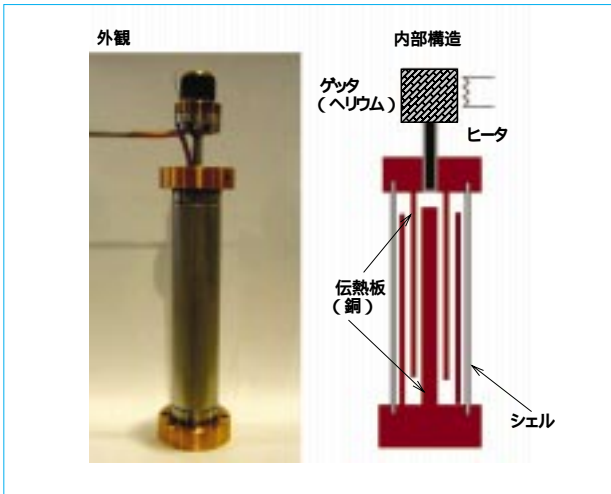


図2 ガスギャップヒートスイッチ
Gas gap heat switch

今回試作した冷凍機の断面を、冒頭の図に示す。この冷凍機は、真空容器、予冷用の超流動ヘリウムタンク、ヒートスイッチ、ソルトピルおよび超電導マグネットから成っている。一番外側に断熱真空層を作る真空容器があり、その内側には輻射熱伝達をキャンセルするアルミニウム合金でできた輻射シールドが2層設けられている。これらの輻射シールドは、4K・GM冷凍機で冷却されている。さらに、その内側に超流動ヘリウムタンクが設置されており、断熱消磁冷凍機はこの超流動ヘリウムタンクを熱浴として動作する。タンクもアルミニウム合金でできている。2層の輻射シールドと超流動ヘリウムタンクは、繊維強化プラスチック（FRP）製の柱によって支えられている。柱をFRPにすることによって、十分な支持強度を保ちながら低温部への熱侵入を小さくできた。以下に、断熱消磁冷凍機の構成要素について述べる。

4 ヒートスイッチ

熱を伝えたり、熱の流れを断ったりするのがヒートスイッチである。ヒートスイッチには何種類があるが、1K近傍で大きなON/OFF比が取れ、信頼性の高いガスギャップ型を採用した。このヒートスイッチは、高温側に接続された伝熱板と低温側に接続された伝熱板とを向かい合わせに配置し、それら伝熱板間の隙間（ギャップ）にガスを放出して、そのガスに伝熱を担わせる原理で動作する。図2は、その外観と内部構造の模式図である。内部は、銅でできた円筒状の伝熱板が0.5mmの隙間を保ちながら向かい合う構造になっている。この構造は、ステンレス製の円筒シェルによって保たれている。円筒シェルは、構造を維持する以外にもヘリウムガスを閉じ込めておく役割も果たしている。ヒートスイッチの両端には温度差がつくので、円筒シェルを経由してソルトピル側への侵入熱を減らすには熱伝導の悪い材質が望ましい。低温では樹脂材料が金属に比べて桁違いである。この点では樹脂材料が有利である。しかし、樹脂材料は室温付近ではヘリウムガスが透過するという難点がある。そこで、0.3mmという非常に薄い肉厚のステンレスパイプを使うことによって、ヘリウムガスの透過防止と少ない熱侵入を両立させた。

ヒートスイッチで、一部飛び出たようになっている部分が



図3 ソルトピル内部のサーマルリンク
Thermal links in salt pill

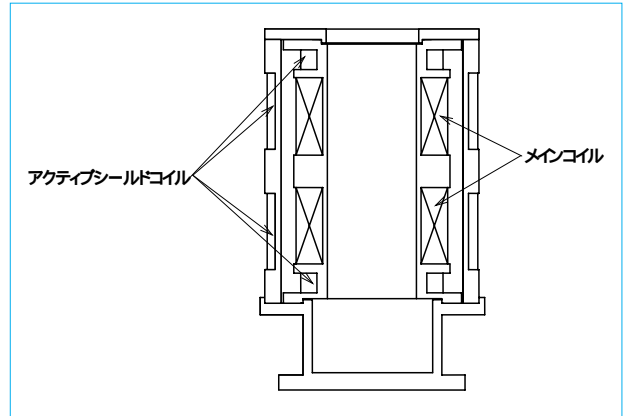


図4 超電導マグネットの構造
Cross-sectional view of superconducting magnet

ギャップである。ギャップ内には活性炭が入っており、伝熱板間で熱を運ぶ⁴Heガスは、ヒートスイッチがOFFの時は活性炭に吸着されており、ギャップは真空に保たれる。したがって、ガスによる熱の伝達はない。伝わるのは円筒シェルを伝って侵入するもののみである。ONにする時はギャップに取り付けたヒータで加熱してギャップ内にHeガスを放出させ、ガスに熱伝達を担わせる。

断熱消磁冷凍機に組み込んだ試験の結果は、ON時の熱伝達能力は2Kにおいて50mW/K、OFF時の熱侵入は2Kにおいて20 μW/K、ON/OFF比は2500であった。

5 ソルトピル

ソルトピルは、寒剤である常磁性塩結晶を格納する容器である。今回の断熱消磁冷凍機では、目標とする温度と周囲の構造材料との化学反応性を勘案して、クロムカリウムミョウバン（Chromium Potassium Alum CPA）の結晶を選択した。

ソルトピル内には、CPA結晶との熱交換に銅線4500本がサーマルリンクとして張り巡らされており、その銅線は端面の銅フランジに溶接されている。銅なので大気中で溶接すると酸化してしまう。そこで、真空中の電子ビーム溶接を使った。図3は、端面でフランジと銅線を溶接した後を示している。

サーマルリンクにFRP製の円筒シェルを接着して、ソルトピルは完成である。

断熱消磁冷凍機が登場した初期の頃は、常磁性塩の粉末を 그리스に練りこんで充填していた。今回の開発では、CPAとサーマルリンク間の熱伝達の向上を目的としてサーマルリン

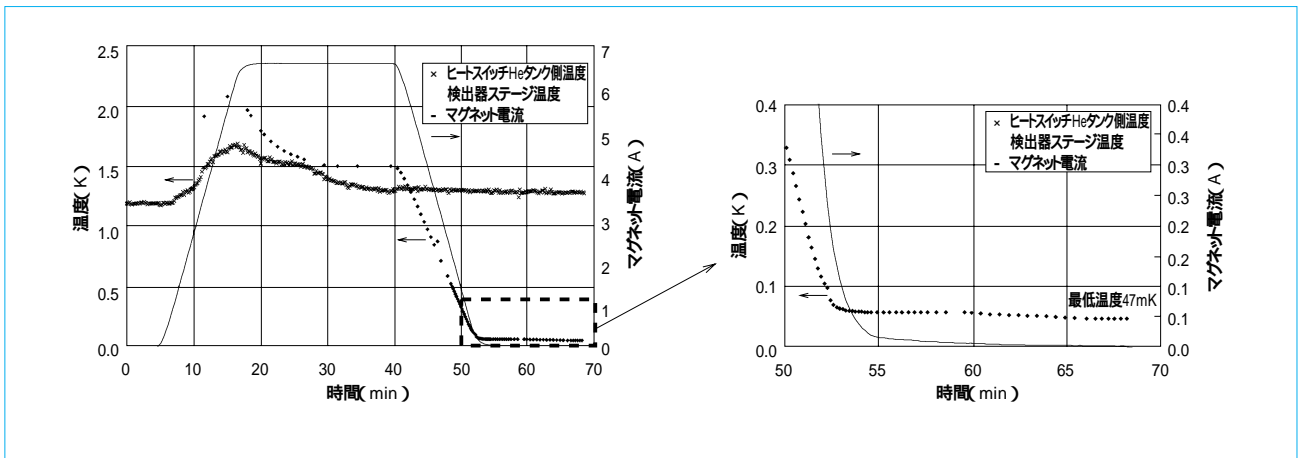


図5 断熱消磁時の温度の時間変化
Time development of temperature

クの表面にCPAを直接析出させた。結晶製作には再結晶法と呼ばれる方法を用いた。これは、物質の精製に使われる方法の一つである。具体的にはCPAの飽和水溶液を少量ずつソルトビル内に注入して冷蔵庫で除冷し、過飽和状態にすることで純粋な結晶を析出させる。析出させた後は上澄み液を取り出し、また新たに飽和水溶液を注入する。これを繰り返し実施し製作した。

6 超電導マグネット

今回超電導マグネットの要素技術開発として、運転電流値8Aで中心磁場2Tを発生させる設計とした。比較的小さい電流値で動作するように設計したのは、大電流を流す電源は重いので人工衛星に搭載するのが困難であるからである。電流値を低くするべく、直径0.2mmのNbTi線を使用した。熱的な安定性を持たせるべく、NbTiの素線を銅でクラッドしたものである。

各コイルの配置およびマグネットの概略を、図4に示す。超電導マグネットは、ソルトビルに磁場を印加する1対のメインコイルと漏れ磁場を軽減する2対のアクティブシールドコイルで構成される。これらのアクティブシールドはメインコイルの上下と外側に配置されており、検出器付近での漏れ磁場を打ち消すようにメインコイルとは逆向きの磁場を発生させる。また、この超電導マグネットは液体ヘリウムに浸すのではなく、超流動ヘリウムタンクに取り付けられ、真空中で伝導冷却される構造となっている。液体ヘリウムでの浸漬冷却にすると、ソルトビルの周りに断熱真空層を設けなければならない、全体が大きくなってしまふ。真空中において伝導冷却にすると、断熱真空層がない分だけ小さくできる。超電導マグネットは、超流動ヘリウムタンクからの伝導冷却で1.3Kまで冷却した状態で励磁試験を実施し、8Aの通電が可能であることおよび発生磁場が2Tであることを確認した。また、磁場分布も設計どおりであることを確認した。

7 断熱消磁冷凍機実証試験

図5に、断熱消磁運転時における超電導マグネット電流とソルトビルの温度の時間推移の一例を示す。

図5は、超電導マグネットの電流値が6.5A(中心磁場1.6T

に相当)の時の結果である。この図において、電流値の増加、つまり磁場が強くなるとともに、ソルトビルの温度が上昇し磁化熱が発生していることがうかがえる。ヒートスイッチを介して磁化熱を熱浴に排出した後、ヒートスイッチをOFFにして電流値を下げていくと温度が下がっていくのがわかる。

この図は、最低温度付近の拡大図である。電流値の減少とともに温度が下がり、電流がなくなる時点で、ソルトビルの温度は47mKに到達したことが確認された。

8 むすび

人工衛星搭載用断熱消磁冷凍機の要素技術開発を実施し、次のような結果を得た。

TES検出器の冷却に必要な50mK以下の温度を得る、断熱消磁冷凍機の基本的な設計、製作および試験技術を確立した。

CPA結晶を利用したソルトビルで、47mKに到達した。

ガスギャップヒートスイッチのON/OFF比は、2500という高い値が得られた。

以上の結果を踏まえて、今後衛星搭載に向けて引き続き開発に取り組んでいく予定である。

他方、TES検出器は一般の検査および分析分野でもX線分析装置に適用されつつある。今回開発した冷却技術を検査および分析分野の装置への応用していくことも検討の予定である。

(参考文献)

Matter and Methods at Low Temperatures Second Edition, Frank Pobell, Springer, 1996.

短期間立体交差化工法における杭頭接合構造の開発

Development of Connection between Steel Pile and Steel Pier for Rapid Construction Method

吉田 達 矢* 荒居 祐 基* 浅井 一 浩*
Tatsuya YOSHIDA Masaki ARAI Kazuhiro ASAI

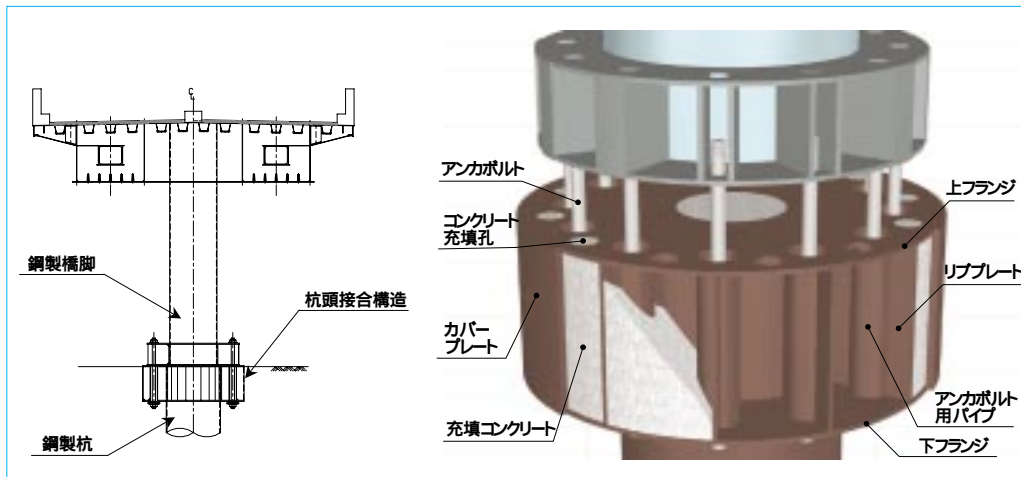


図1 杭頭接合構造
Configuration of connection

SMArt Crossingは、鋼製橋脚と鋼管杭の1柱1杭構造を特徴とする短期間立体交差化工法である。柱と杭の接合部に、杭施工で生じる設置誤差を吸収可能な鋼・コンクリート合成構造とした杭頭接合構造を採用する。これにより、フーチング施工を省略する。本接合構造の耐荷性能や合理的な構造を検討することを目的に、充填コンクリートの有無やずれ止め構造をパラメータとした静的載荷実験を実施した。その結果、実用上において、提案する簡易設計計算式で所要の耐荷性能を確保できるとともに、コンクリート充填部に特別なずれ止め構造を設けなくても問題ないことを確認した。

SMArt Crossing is a method of overpass construction that uses an on-site structure to place a joint between a steel pile head and a steel pier. It enables completion of the construction work in a short period of time by eliminating the process of making concrete footing. The connection is a composite structure of steel frame and concrete filled inside the frame. The static loading tests were carried out in order to investigate the failure mechanism and the ultimate strength of the connection. Performance of the connection was examined by changing such details as shear connector, filling-concrete, etc. As a result, it was confirmed that by using the calculation proposed in this report the ultimate strength of the connection was enough for practical application and that the shear connector was not required in steel shell of the composite connection.

1 まえがき

都市部で発生する交通渋滞は、時間やエネルギーの損失により経済活動へ多大な損失を与えると同時に、環境問題や交通事故の増加を引き起こしている。その対策の一つとして立体交差化工事が挙げられるが、従来の工法では工期が1年から2年にも及ぶ上、工事期間中に交通渋滞を増加させることから、周辺住民への大きな負担が問題となっている。そこで、これらの課題解決を目指し、当社と株式会社浅沼組は、短期間立体交差化工法『SMArt Crossing』を共同開発した。本工法では、鋼製橋脚と鋼管杭の1柱1杭構造を採用して、柱と杭の接合部に杭施工で発生する設置誤差を吸収可能な独自の杭頭接合構造(SMArt Composite Joint、図1)を新たに考案した。これにより、従来杭施工時の誤差吸収に不可欠であったフーチング施工を省略でき、工期短縮が可能となる。本報では、新たに提案する杭頭接合構造の耐荷性能や実用上の合理的な構造の検討を目的として行った部分模型による

静的載荷実験について報告する。

2 接合構造の概要と設計方法

本接合構造は、鋼・コンクリート合成構造としたアンカボルトによる接合構造である。鋼管杭頭部の円周上にリブプレート付きのアンカボルト挿入用パイプを配置し、上下フランジとカバープレートで密閉構造として、リブプレート間にコンクリートを充填する。アンカボルト挿入用パイプ径は、鋼管杭施工時の $\pm 50\text{mm}$ の誤差を考慮し、アンカボルト径より100mm大きくしておく。

一方、本接合構造の設計はアンカボルトを単鉄筋にモデル化して行う。大規模(レベル2)地震動における接合部の水平耐力は、道路橋示方書 耐震設計編 に準拠し、アンカボルトの降伏時耐力もしくは圧縮コンクリートひずみが0.002に達した時の耐力のうち、いずれか小さい方の値とする。ここで、圧縮コンクリートとは便宜上接合部の充填コンクリートとする。本構造は、上記の水平耐力に対して降伏に達しないように設

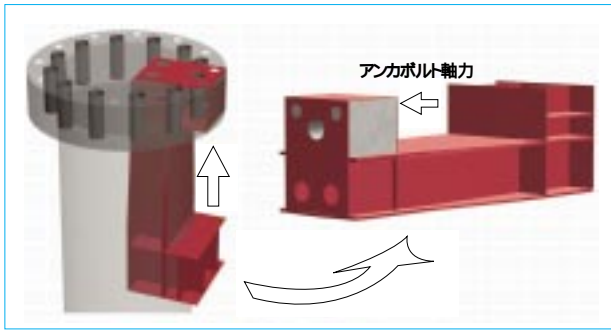


図2 供試体の概要
Image of specimen

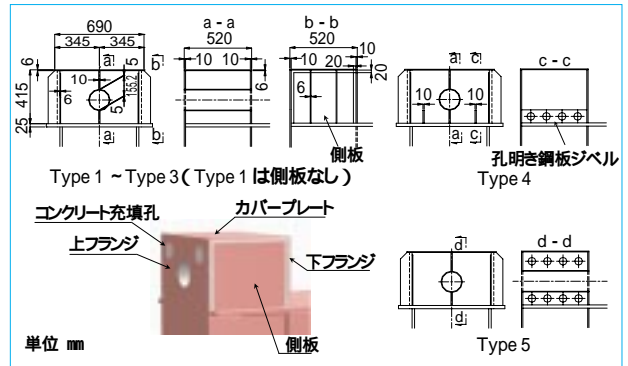


図3 供試体断面形状
Details of specimen

表1 供試体一覧
Table of specimen

| 供試体タイプ | 充填コンクリート | 付着抵抗力 | ずれ止め構造 |
|--------|----------|-------|-------------|
| Type 1 | なし | - | - |
| Type 2 | あり | あり | なし |
| Type 3 | あり | なし | なし |
| Type 4 | あり | なし | 孔明き鋼板ジベルを追加 |
| Type 5 | あり | なし | リブプレートに孔を追加 |

計する。

3 実験概要

3.1 供試体諸元

実験供試体は、全体接合構造からアンカボルト1本分の接合構造を切り出してモデル化した部分模型とした(図2)。供試体は載荷フレームであるジャッキ反力受け架台と一体化して製作し、供試体の形状寸法は実構造への適用範囲における最小値相当とした。フランジおよびリブプレートの板厚構成は、引張側アンカボルトの降伏軸力686kNを設計荷重として、従来の鋼製橋脚基部の設計方法を応用した簡易計算式(式~式)により、降伏応力度を上回らないよう決定した。

$$M = P \cdot e \dots\dots\dots$$

$$= \frac{M}{I} \cdot y < \sigma_y \dots\dots\dots$$

$$S = P \dots\dots\dots$$

$$= \frac{S}{A} < \sigma_y \dots\dots\dots$$

式および式において、Mは接合部に作用する偏心曲げモーメント(kN・mm)、Pはアンカボルト軸力(kN)、eは偏心量(mm)、 σ_y はフランジの垂直応力度(N/mm²)、 σ_y は降伏応力度(N/mm²)、Iは接合構造の断面2次モーメント(フランジ有効幅を考慮し、リブプレートを無視した鉄筋コンクリート断面と仮定)(mm⁴)、yは中立軸から着目点までの距離(mm)を示す。また、式および式において、Sはリブプレートに作用するせん断力(kN)、 σ_y はリブプレートのせん断応力度(N/mm²)、 σ_y は降伏せん断応力度(N/mm²)、Aはリブプレート高さ×板厚(mm²)を示す。

供試体の一覧および断面形状を、表1および図3に示す。Type 1 ~ Type 3は鋼殻部分を共通とし、Type 1は充填コンクリートなし、Type 2およびType 3は充填コンクリートあ

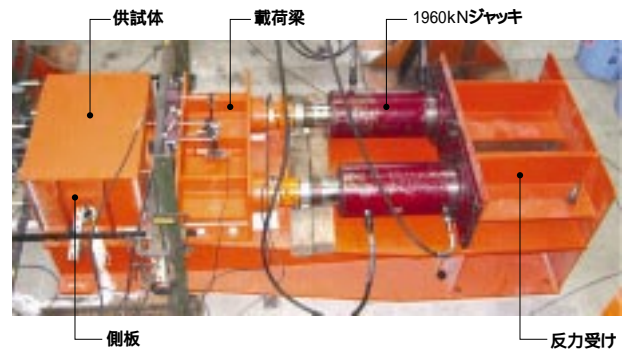


図4 載荷状況
Condition of loading test

りとした。Type 4およびType 5は、Type 2およびType 3に対し、鋼殻と充填コンクリートの機械的なずれ止め構造を追加したものである。Type 4はリブプレートの両側に孔明き鋼板ジベルを追加し、Type 5はリブプレート自体に孔を設け、ずれ止め効果を期待したものとした。なお、鋼殻と充填コンクリートの付着抵抗力は、コンクリートの乾燥収縮などの経時的変化によって期待できない可能性がある。そこで、Type 3 ~ Type 5には、鋼殻内面にグリスを塗布して、充填コンクリートの付着抵抗力の影響を極力排除した。

接合構造から切り出した充填コンクリートの境界条件である横方向拘束状態の再現を目的とし、Type 2 ~ Type 5には側板を設置した。ただし、この側板は供試体変形を拘束しないようにするべく、上下フランジとカバープレートとは隙間を設けた(図3)。また、コンクリート打設は、実施工に合わせ供試体を立てた状態で、上面から高流動コンクリートを使用して行った。なお、本実験ではアンカボルトはモデル化せず、パイプ内にはモルタルのみ充填しておくこととした。

3.2 載荷方法

供試体への荷重載荷は、1960kN油圧ジャッキ2台を用い、載荷梁を介して行った。荷重作用点には、アンカボルトの定着座金とナットをモデル化した。載荷状況を、図4に示す。載荷パターンは全供試体で統一し、コンクリートひび割れ後の全体剛性やひずみの線形性などの確認を目的として、設計荷重686kNと約2倍の荷重1400kNまでを、それぞれ3回繰返し載荷した後、供試体が破壊状態に至るか、載荷フレームの載荷上限値3000kNまで行った。

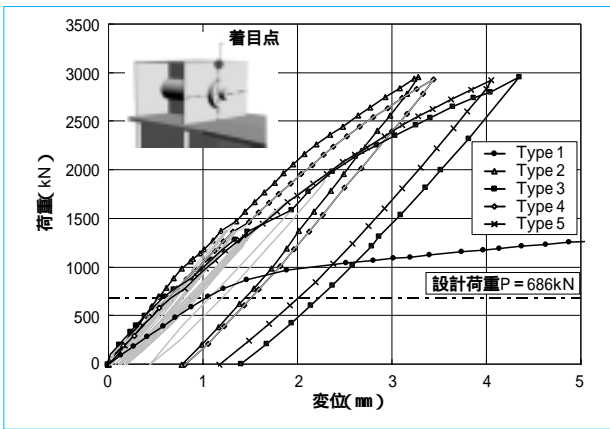


図5 荷重 - 下フランジ変位関係
Load-displacement plots of under flange for all specimens

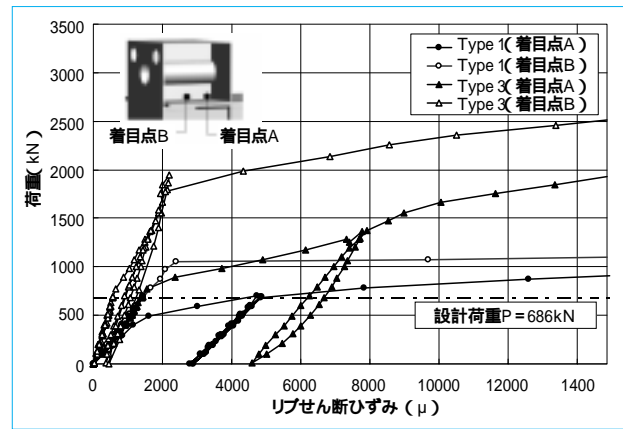


図7 荷重 - リブプレートせん断ひずみ関係 (Type 1 とType 3 の比較)
Load-shear strain plots of rib plate (Comparison Type 1 with Type 3)

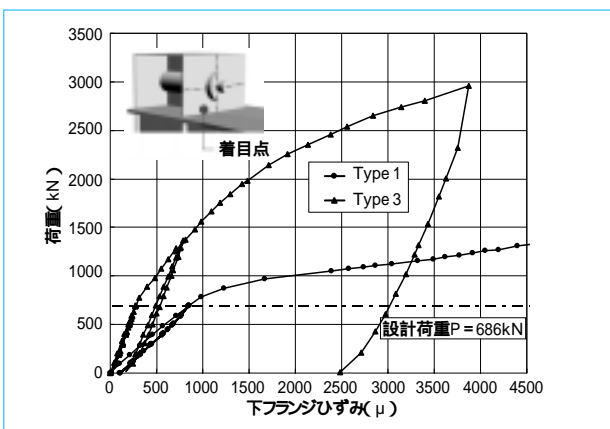


図6 荷重 - 下フランジひずみ関係
Load-strain plots of under flange

4 実験結果と考察

4.1 荷重 - 変位関係

図5に、各供試体の荷重 - 下フランジ変位関係を示す。コンクリートを充填していないType 1は、載荷範囲が設計荷重である686kN以下においては大きな変化は見られなかったが、設計荷重を超えた辺りで急激に変位が増加したことから、設計荷重の2倍程度まで載荷して終了した。一方、コンクリートを充填したType 2 ~ Type 5については、設計荷重の2倍までの繰返し載荷後も大きな剛性低下は見られなかった。その後、載荷設備の上限値である3000kNまで載荷したが、破壊に至ることなく終了した。

コンクリートを充填した供試体の変位置に着目すると、設計荷重時で1mm以下であり、最大荷重時においても4mm程度と小さい。このことから、接合部はコンクリート充填によって非常に大きい剛性が確保でき、付着抵抗力の有無などが剛性に及ぼす影響は小さいことがわかる。

4.2 充填コンクリートが耐荷性能に及ぼす影響

ここでは、実験より得られた各種ひずみ計測結果をもとに、充填コンクリートの有無に着目した接合構造の耐荷性能について考察する。ここで、比較対象とする充填コンクリート有りの供試体は、コンクリート付着抵抗力の影響を極力排除したType 3とした。

図6に、Type 1 およびType 3の荷重 - 下フランジの曲げひずみ関係を示す。図より、Type 3はType 1に比べてひずみの進展が大幅に低減していることがわかる。これは、充填コンクリートがフランジの変形を拘束し、板曲げ変形の影響が緩和されたことによると考えられる。

図7に、Type 1 およびType 3の荷重 - リブプレートのせん断ひずみ関係を示す。図より、着目点Aは鋼板の降伏せん断ひずみを2000 μ 程度とすると、Type 1は設計荷重に達する前に降伏ひずみを大きく超過した。これは、着目点Aが載荷点近傍であることから、荷重偏心曲げによる曲げひずみの影響を大きく受けたことによると考えられる。一方、着目点Bは曲げひずみの影響が小さく、せん断ひずみが支配的になることから、Type 1 およびType 3ともに降伏せん断ひずみ2000 μ 付近からひずみが急増する傾向となった。また、Type 3はType 1に比べ、約2倍の荷重付近まで降伏に達せず、設計荷重時における発生ひずみも半減していることがわかる。

以上の結果より、鋼殻のみの場合はフランジの板曲げ変形が耐力低下に影響するが、コンクリートを充填することで、板曲げ変形が緩和されるとともに、鋼殻が充填コンクリートを拘束する効果によって、リブプレートのせん断応力が低減し、耐荷性能が大きく向上することが確認できた。

4.3 充填コンクリートのずれ止め構造の検討

ここでは、鋼殻と充填コンクリートの付着抵抗力の有無および機械的ずれ止め構造の違いが、本構造の耐荷性能に及ぼす影響について、Type 2 ~ Type 5のリブプレートのせん断ひずみ計測結果を比較し考察する。

図8に、Type 2 ~ Type 5の荷重 - リブプレートのせん断ひずみ関係を示す。着目点Aおよび着目点Bは、図7と同一点を示す。図より、着目点AではType 2のみが、他の供試体に比べて初期のせん断剛性が若干大きい以外は、各供試体ともほぼ同様のひずみ履歴となっている。したがって、コンクリートの付着抵抗力の有無に比べて、ずれ止め構造の違いがリブプレートのせん断ひずみに及ぼす影響は十分小さいといえる。一方、着目点Bにおいて最大荷重時の発生ひずみに着目すると、概ねType 4が最も小さくType 5が最も大きい値になっている。これは、Type 4は孔明き鋼板ジベルを追加しているのに対し、Type 5はリブプレート自体にずれ止め用孔を設けたことが、構造全体のせん断剛性低下に影響したものと考えられる。なお、

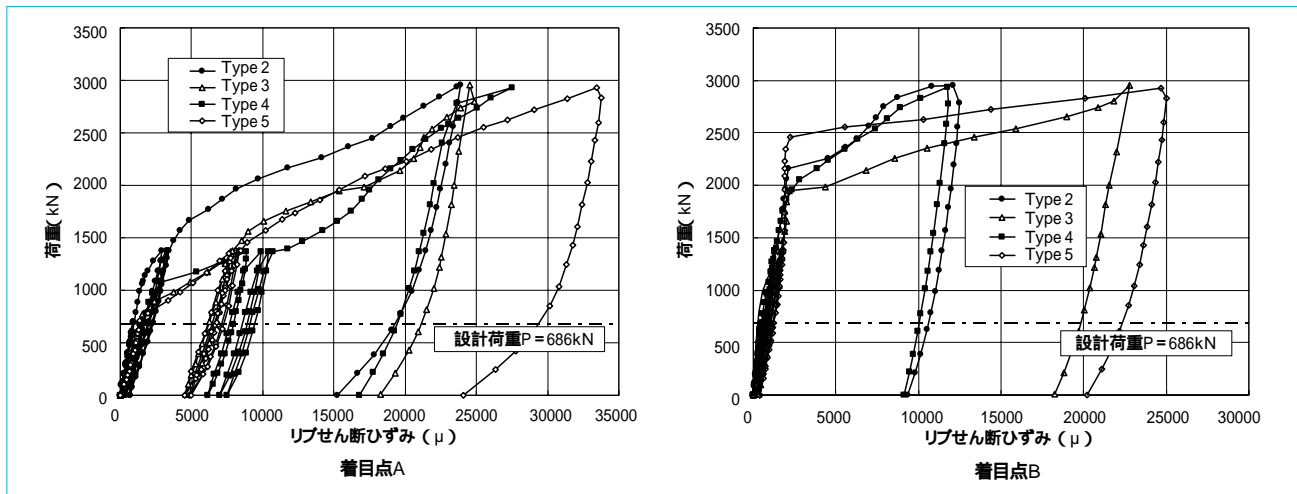


図8 荷重 - リブプレートせん断ひずみ比較 (Type 2 ~ Type 5)
Load-shear strain plots of rib plate (Type 2 ~ Type 5)

Type 4 に追加した孔明き鋼板ジベルについては、最大荷重時においてもひずみは300 μ と小さな値が生じていないことがわかった。このことから、充填コンクリートから孔明き鋼板ジベルへの応力伝達は小さいレベルに留まっていたと推定される。

以上のことから、コンクリート充填部の機械的ずれ止め構造の有無や違いが、本接合構造のせん断強度に及ぼす影響は小さいといえる。したがって、実構造への適用に当たっては、特別なずれ止め構造を設けなくても、想定する設計荷重に対し十分なせん断強度を確保できると考えられる。

4.4 充填コンクリートのひび割れ性状

実験終了後に、鋼殻内の充填コンクリートのひび割れ状況を調査した結果を、図9に示す。載荷点から斜め45°下方向に向かって割裂するように、ひび割れが生じていることが確認できる。なお、本図はType 5 の状況を示すが、他の供試体もすべて同様な状況であった。

充填コンクリートの横方向拘束支持用に設けた側板(図3)のはらみ出し変位を計測した結果、各供試体とも、変位量の最大値は0.5mm程度と微小であるものの、700~1000kN付近の荷重付近で変位が急増した。これは、図6および図7に示すType 3 の各ひずみ履歴の傾きにわずかな変化が生じている荷重付近と一致しており、Type 2, Type 4 およびType 5 についても同様な傾向であった。以上のことから、各供試体における充填コンクリートのひび割れは、側板のはらみ出し変位が急増する700~1000kN付近の荷重で生じたものと推測される。しかしながら、図5の荷重 - 変位関係からもわかるように、充填コンクリートのひび割れが本接合構造の剛性に及ぼす影響は十分に小さく、実用上の支障はないと考えられる。

5 むすび

鋼製橋脚と鋼管杭を直接接合する鋼・コンクリート合成構造の杭頭接合構造を提案し、模型供試体による静的載荷実験を実施した。実験より得られた知見を、以下に示す。

コンクリートを充填した供試体は、設計荷重の約2倍の繰返し載荷に対しても大きな剛性低下は見られなかった。また、供試体の変形量も小さく、コンクリートを充填することにより大きな剛性が確保できることを確認した。



図9 充填コンクリートのひび割れ状況
Condition of specimen at final stage of loading

コンクリートの充填によって、フランジの板曲げ変形が緩和されるとともに、鋼殻が充填コンクリートを拘束する効果により、リブプレートのせん断応力が低減し、想定した設計荷重に対して十分な耐力を有することが確認できた。このことから、提案する簡易設計計算法は、所要の耐荷性能を確保する上で有用であると考えられる。

コンクリート充填部の機械的ずれ止め構造の有無や違いが、本接合構造のせん断強度に及ぼす影響は小さいことを確認した。したがって、実構造への適用にあたっては、特別なずれ止め構造を設けなくても問題ないと考えられる。

荷重載荷により充填コンクリートに生じるひび割れが、本接合構造の剛性に及ぼす影響は十分に小さく、実用上の支障はないと考えられる。

本研究は、株式会社浅沼組との共同研究により実施した。関係者に感謝の意を表す。また、本実験を行うに当たり、大阪大学西村宣男名誉教授および小野潔助教授ならびに研究室の関係者には、多大な助言、指導および協力を頂いた。ここに深く感謝の意を表す。

(参考文献)

- スマートクロッシング工法・橋梁&都市PROJECT, vol.39, no.9, pp.21~24, Sep.,2003.
- 浅井一浩, 武内隆文, 藤本朗, 吉田達矢, 高野光史・短期間立体交差化工法SMARt Crossing. 住友重機械技報, no.153, pp.25~28, Dec.,2003.
- 社団法人 日本道路協会・道路橋示方書・同解説・耐震設計編・丸善, pp.208~209, Mar.,2002.

上部斜面スリット防波堤の波圧算定法の提案

Empirical Formulas of Wave Pressure for Inclined Slit Wall Caisson

江崎 慶治* 堀 重雄* 荒居 祐基*

Keiji ESAKI

Shigeo HORI

Masaki ARAI



図1 上部斜面スリット防波堤の水理実験
Flume experiment of inclined slit wall caisson

上部斜面スリット防波堤は、上部斜面堤とスリット防波堤を組み合わせた防波堤で、堤体に作用する波の位相差を利用して堤体に作用する滑動合成波力を低減し、安定性を高めることを目的とした防波堤である。ここで上部斜面スリット防波堤の波力算定法に着目すると、直立消波ケーソンの設計法を準用することが示されているが、上部斜面スリット堤で発生する滑動合成波力が最大の位相は、直立消波ケーソンで示される位相と異なると思われる。

本報では、京都大学防災研究所と共同で水理実験を実施し、上部斜面スリット防波堤に作用する波圧特性を検証し、その算定法を提案する。

An inclined slit wall caisson has the combined structure of a vertical slit caisson and an inclined wall caisson on top of it. It is developed to reduce the resultant force acting on a caisson body and to improve the body stability by utilizing the phase difference in the waves acting on it. In estimating the wave force acting on an inclined slit wall caisson, it is recommended to apply the design procedure to a vertical slit caisson. However, the incidence of maximum wave force for an inclined slit wall caisson seems to differ from that for a vertical slit caisson. This paper reports the incidence of maximum wave force when the wave acts on an inclined slit wall caisson and proposes the empirical formulas of wave pressure.

1 まえがき

防波堤に作用する波力を低減し堤体重量を軽減する試みは古くから多くの研究が行われ、その最たる例が上部斜面堤である。上部斜面堤は防波堤の上部を斜面としたもので、堤体に作用する水平波力の一部を鉛直下向きの力として評価することができることから、設計波に対して直立の防波堤よりも堤体重量を軽減することが可能となる。一方、防波堤の付加価値に着目すると、反射波の一部を抑える直立消波ケーソンが代表例として挙げられる。直立消波ケーソンは、透過壁と遊水室で構成される消波部を持つケーソンであり、波が堤体に作用する三つの位相を考慮して設計が行われる。ここで、上部斜面堤と直立消波ケーソンを組み合わせた防波堤（上部

斜面スリット防波堤）を考えると、堤体重量は斜面により軽減され、消波効果も期待できると考えられる。上部斜面スリット防波堤は、既にいくつかの施工例があり、その設計は直立消波ケーソンを準用して行われている。しかしながら、上部斜面スリット防波堤は、前壁、スリットおよび後壁に作用する波圧に位相差が生じると考えられ、それに伴い滑動合成波力が最大となる時刻も直立消波ケーソンで定義される三つの位相とは異なると思われ。そのことから、上部斜面スリット防波堤の設計法の提案を行う目的で京都大学防災研究所と共同で水理実験を実施した（図1）。本報では、上部斜面スリット防波堤に作用する滑動合成波力の発生位相および波力算定の設計法について記述する。

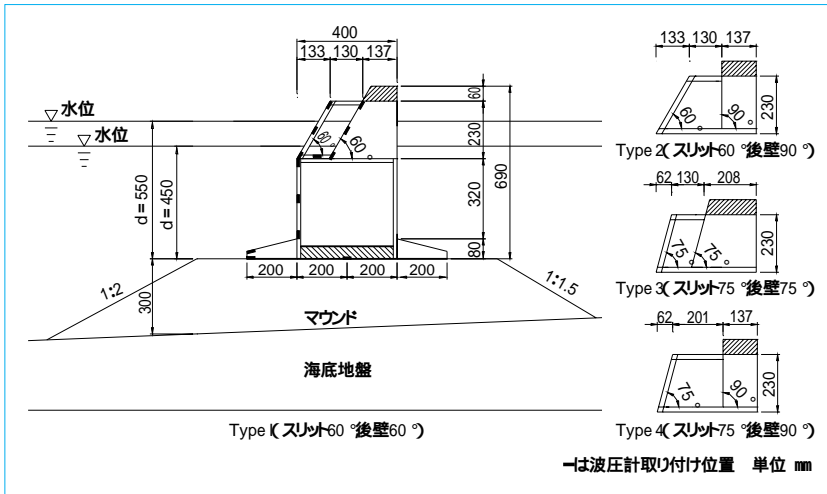


表1 実験条件
Experimental conditions

| Case | 前面水深 <i>d</i> (cm) | 周期 <i>T</i> (S) | 波高 <i>H</i> (cm) |
|------|-----------------------|--------------------|---------------------|
| S1 | 45 または 55 | 1.5 | 6.7 |
| S2 | | 1.5 | 10.0 |
| S3 | | 2.3 | 13.3 |
| S4 | | 2.3 | 20.0 |
| S5 | | 2.3 | 26.7 |

図2 上部斜面スリット防波堤の構造
Model of inclined slit wall caisson

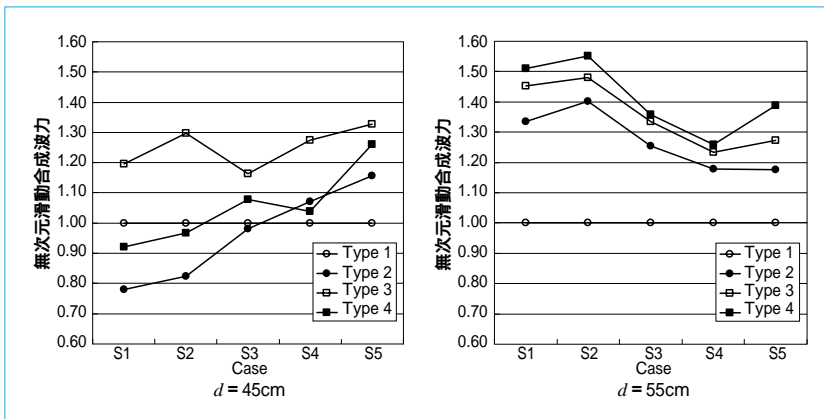


図3 滑動合成波力特性
Characteristic of maximum wave force

2 実験条件

本実験では、上部斜面スリット防波堤の形状の違いによる波圧を検証するべく、四つの異なる上部形状を用いて水理実験を実施した。図2に、本実験で用いた模型の形状を示す。スリット傾斜角は60°および75°、後壁傾斜角はスリット傾斜角に合わせた60°、75°および90°とした。後壁傾斜角に90°を採用した理由は、下床版に作用する鉛直下向きの受圧面積を増加させ、さらに、堤体前面と後壁に作用する波の位相差を活かし、滑動合成波力を低減させることにある。また、上部斜面スリットの開口率はすべて30%とし、天端高は全タイプ一定である。遊水室上のスリットと後壁の構造は、揚圧力の影響を避け、堤体の安定化を目的に梁構造とした。堤体には図2に示す様に合計13箇所に波圧計を取り付け波圧を計測するとともに、波の作用状況を水路側面よりビデオで撮影し観察した。表1に、実験条件を示す。すべてのケースでマウンド高は海底面より30cmとし、周期および波高の違いによる波圧特性を調べることにした。

3 実験結果

3.1 波圧の作用高

上部斜面スリット防波堤に波が作用した際、スリット開口から遊水室へ水が流入することから、波圧の作用高はスリットがない場合と比較して減少すると考えられる。本検討では、スリットの影響を考慮し、次式で波圧の作用高を算定した。

$$* = 0.75(1 + \cos \theta) \gamma_1 \gamma_2 H \dots \dots \dots$$

ここでは、 $*$ ：波圧の作用高、 γ_1 ：スリットの影響特性値、 γ_2 ：スリット傾斜角、 θ ：防波堤の壁面に対する垂線と波の主方向とのなす角度である。 γ_1 はビデオ撮影画像により波がスリットに作用する際の波圧の作用高を計測し、式より算定した。その結果、全ケースを通じて、 γ_1 は0.3から0.4の値となったことから、設計においては安全側を考慮し $\gamma_1 = 0.4$ を採用することにした。

3.2 滑動合成波力

上部斜面スリット堤に作用する滑動合成波力が最大となる位相を調査した。滑動合成波力は、次式で定義される。

$$F_C = F_H \mp \mu F_V \dots \dots \dots$$

ここでは、 F_C ：滑動合成波力、 F_H ：水平波力、 F_V ：鉛直波力、 μ ：摩擦係数(=0.6)である。式右辺の符号は F_H の正負によって変化し、 $F_H > 0$ の場合は負、 $F_H < 0$ の場合は正である。

本実験で用いた模型は、堤体の港内外にフーチングを取り付けた構造となっている。港外側のフーチングには、Esaki et al. が示すように押波時に堤体を押し下げる波力が作用する。そのことから、滑動合成波力の算定に当たっては、フーチングに作用する波力も考慮して検討を行った。

上部斜面スリット構造の4タイプにおける滑動合成波力の特性を、図3に示す。図3の縦軸は、Type 2 ~ Type 4の

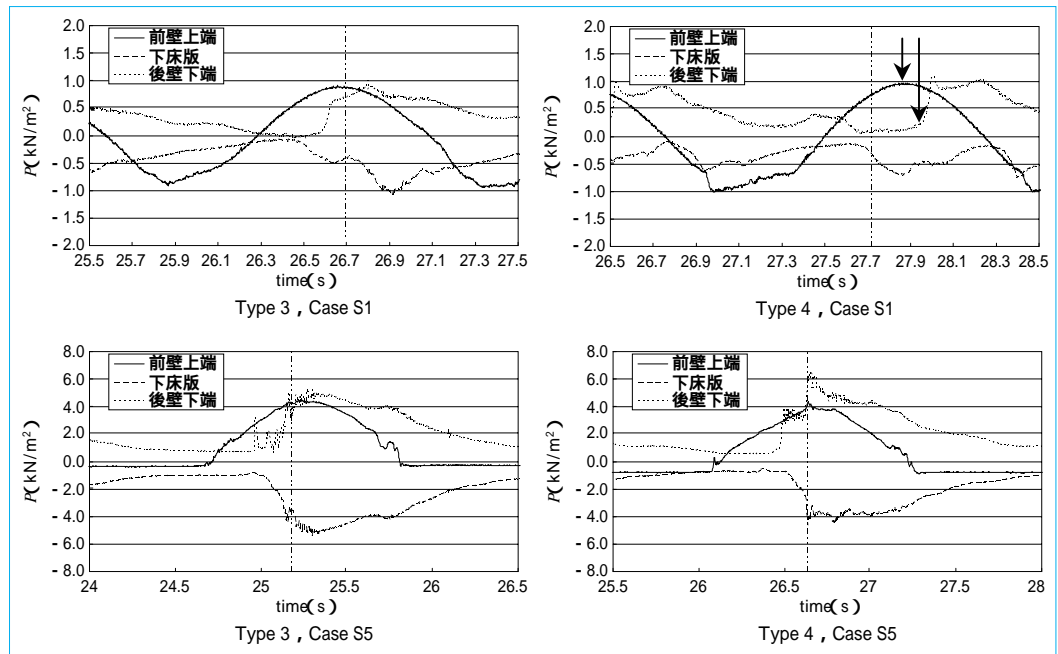


図4 波圧の時間変化
Time history of wave pressure

滑動合成波力をType 1の滑動合成波力で除した無次元滑動合成波力を示し、横軸は実験ケースである。図3よりスリット傾斜角60°の方が75°の場合よりも滑動合成波力が小さく、堤体を安定させる傾向があることがわかる。これは、傾斜角が大きいほど水平波力が減少し、鉛直波力を増加させることによると考えられる。しかし、前面水深 d の違いにより、4タイプの滑動合成波力は異なる特性を示す。 $d = 45\text{cm}$ において、Case S1およびCase S2で滑動合成波力は、後壁90°のType 2およびType 4がType 1よりも小さくなっているが、Case S4とCase S5ではType 1よりもType 2およびType 4の滑動合成波力が大きくなる。一方、 $d = 55\text{cm}$ ではスリットおよび後壁の傾斜角が大きいType 1およびType 2が、常にType 3およびType 4よりも滑動合成波力が小さくなった。

遊水室幅の影響の検証を目的に、図4に、 $d = 45\text{cm}$ のCase S1とCase S5におけるType 3およびType 4の前壁上端、下床版および後壁下端位置の波形を示す。図4の縦軸は波圧、横軸は時間を示しており、図中の二点鎖線は滑動合成波力が最大となる時刻を示している。本検討では、鉛直上向きを正としていることから、下床版に作用する波圧が負値をとれば堤体を安定化させる波圧が作用していることとなる。Case S1のType 3およびType 4の波形を比較すると、Type 3の遊水室幅がType 4よりも狭いことから、Type 3では、前壁の波圧がピーク値の時既に後壁に波圧が作用しているのに対し、Type 4では、後壁に波が到達する時刻は前壁の波圧がピーク値となる時刻よりも0.03秒程度遅い。(矢印で図示)このことから、Type 3では、前壁に作用する波圧がピーク値となる位相の近傍で滑動合成波力が最大となるのに対し、Type 4では滑動合成波力が最大となる時刻は下床版に作用する波圧が0付近の位相となる。遊水室内に波圧が作用している位相では、後壁に水平波力が作用するとともに、下床版に鉛直下向きの波圧が作用することから、堤体を安定化させる鉛直下向きの波力も作用することとなる。しかし、前面水深および波高が小さい場合は、後壁や下床版への影響が前壁よりも少ないことから、下床版に作用する波圧が0付近

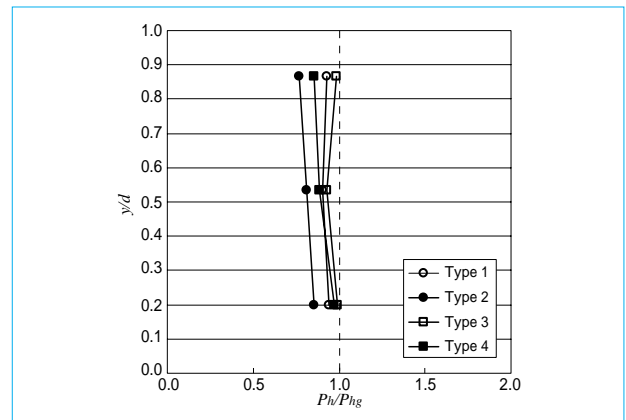


図5 前壁の波圧分布 ($d = 45\text{cm}$, Case S1)
Horizontal wave pressure profile at front wall

の位相で滑動合成波力が最大となったと考えられる。

Case S5のType 3およびType 4ではともに滑動合成波力が最大となる位相は、前壁に作用する波圧が最大となる位相であった。これは波圧の作用高がスリット天端高を越えて生じており、スリット開口部より流入する水に加え、遊水室天端の開口からの水の浸入により、前壁と後壁での波圧のピーク位置に位相差が生じず、前壁に作用する波圧のピーク位置で滑動合成波力が最大となったと考えられる。

これより、滑動合成波力が最大となる位相は、波圧の作用高がスリット天端高よりも低い場合は遊水室幅に影響され、下床版に波圧が作用していない位相もしくは前壁に作用する波圧が最大となる位相となる。一方、スリット天端高よりも波圧の作用高が高い場合は、遊水室幅に影響されず前壁に作用する波圧が最大となる位相で、滑動合成波力も最大となる。

3.3 波圧の作用状況

最大滑動合成波力が発生する位相で、上部斜面スリット防波堤に作用する波圧を検討する。本節では、前面水深 $d = 45\text{cm}$ 、Case S1の結果を示す。

図5に、前壁に作用する波圧分布を示す。図中の横軸は実験値 p_h を合田式より得られる波圧 p_{hg} で除した値を示し、

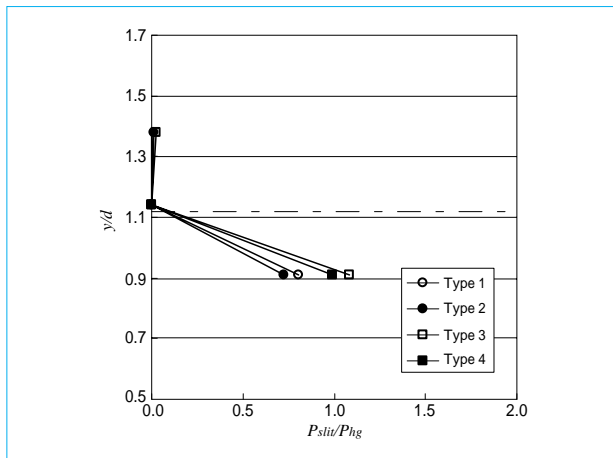


図6 スリットの水平波圧分布 ($d=45\text{cm}$, Case S1)
Horizontal wave pressure profile at slit wall

縦軸は計測位置 y を前面水深 d で除した値である。ただし、合田公式の中の波圧の作用高は式で与えている。図5より最大滑動合成波力が下床版に作用する波圧が0の時に発生するType 2 およびType 4 では、前壁の波圧が最大となる前に発生することから、Type 1 およびType 3 の波圧分布よりも小さく、その値は合田公式の0.8~0.9倍程度となることがわかる。しかし、中間部および下端の計測点では上部形状に関係なく同程度の波圧となっており、合力としては合田公式と比較して大きな差異が見られないと考えられることから、安全性を考慮し、上部斜面スリット堤の前壁に作用する波圧は合田公式により算定しても問題ないと考えた。

スリットに作用する水平波圧分布を、図6に示す。図中の横軸は、実験値 p_{slit} を合田公式より得られる波圧 p_{hg} で除した値であり、縦軸は計測位置 y を前面水深 d で除した値である。また、図中の一点鎖線は式で得られる波圧の作用高であり、スリットに作用する水平波圧は傾斜角の影響を考慮して算出している。

スリット傾斜角 60° のType 1 およびType 2 に作用する水平波圧は、合田公式より得られる波圧の0.8倍程度であるが、スリット傾斜角 75° のType 3 およびType 4 に作用する水平波圧は、合田公式とほぼ同値となっていることがわかる。これは、スリットに作用する水平波圧が後壁の形状に影響されず、スリット傾斜角によって水平波圧が低減されたことによると考えられる。つまり、スリットに対して鉛直に作用する波圧は合田公式と同じ波圧が作用し、スリットに作用する水平成分は傾斜角を考慮することによって算定できる。また、水平波圧が傾斜角に依存することから、鉛直波圧も傾斜角に依存する。

図7に、後壁に作用する水平波圧分布を示す。図中の横軸は、実験値 p_{slope} を合田公式より得られる波圧 p_{hg} で除した値であり、縦軸は計測位置 y を前面水深 d で除した値である。なお、図中の一点鎖線は、波圧の作用高であり、補正係数 α_1 は後壁部の波圧の作用高がスリット部と同程度であったことから、 $\alpha_1=0.4$ として算定した。

後壁の波圧分布は、後壁傾斜角 90° のType 2 およびType 4 の後壁下端で p_{slope}/p_{hg} が0.1程度の波圧が作用しているが、波圧の作用高付近より高い計測位置では0である。図4に示したとおりType 2 およびType 4 の滑動合成波力が最大とな

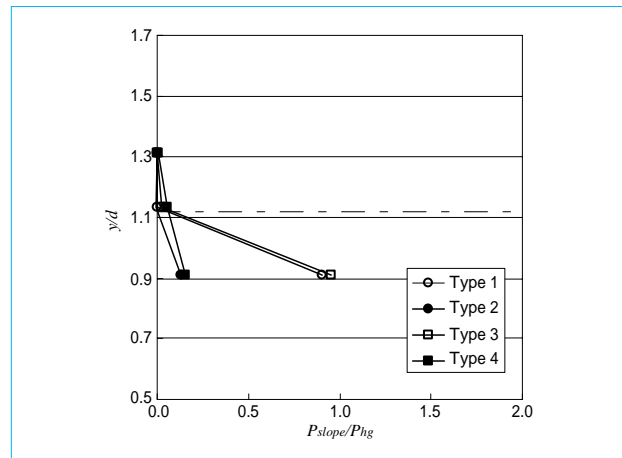


図7 後壁の水平波圧分布 ($d=45\text{cm}$, Case S1)
Horizontal wave pressure profile at back wall

る位相は、下床版に作用する波圧は0付近であり、後壁にも波はほとんど作用していないと考えられる。そのことから、設計上の簡便さを考慮し後壁には波が作用しないとす。一方、Type 1 およびType 3 の後壁下端位置の波圧は、いずれも合田公式と同程度であることが分かる。

4 むすび

本検討で得られた知見を、以下に述べる。

上部斜面スリット堤の最大滑動合成波力が発生する位相は、波圧の作用高と遊水室幅に依存し、前壁に作用する波圧が最大の位相または下床版に波圧が作用しない位相である。

波圧の作用高は、スリットの開口および傾斜角を考慮した式で与えられる。また、合田公式による波圧の算定は、すべて式を用いた条件で行って差し支えない。

前壁部に作用する水平波圧は、滑動合成波力が最大となる位相において合田公式で与えることができる。

スリット部には、合田公式にスリットの傾斜角を考慮した波圧が作用する。

後壁部に作用する波圧は、前壁に作用する波圧が最大の位相では合田公式で波圧を与えることができるが、下床版に波圧が作用しない位相では波が作用しないとす。

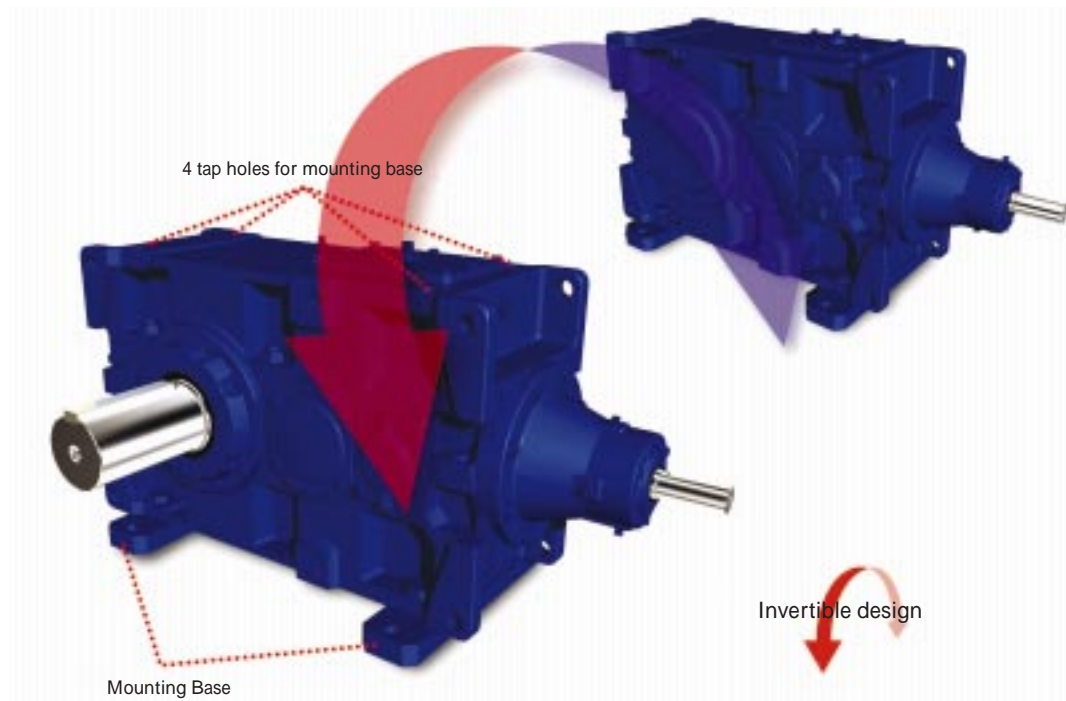
本検討について、多大なる指導を頂いた京都大学防災研究所高山知司教授に感謝の意を表する。

(参考文献)

- 高橋重雄, 下迫健一郎, 佐々木均. 直立消波ケーソンの部材波力特性と耐波設計法. 港湾技術研究所報告, vol.30, no.4, p.3~34, 1991.
- 関口信一郎, 渥美洋一, 中内勲, 宮部秀一, 福土昌哉, 三輪俊彦. 斜面スリットケーソンの開発. 第25回海洋開発論文集, p.487~492, 2000.
- Esaki, K. Takayama, T. and Kim, T-M : Effect of long footing on sliding stability of a hybrid caisson. 29th Int. Conf. Coastal Eng., Lisbon, ASCE, 2004.(in press)
- Goda, Y. : New wave pressure formulae for composite breakwaters. Proc. 14th Int. Conf. Coastal Eng., Copenhagen, ASCE, pp. 1702-1720, 1974.

パラマックス 9000シリーズ コンベヤ用減速機

PARAMAX 9000 Series Conveyor Drives



パラマックス 9000シリーズ減速機は、様々な用途に適用できるように標準化された汎用減速機である。

今回、このパラマックス 9000シリーズをベースにコンベヤ向けに最適な仕様をまとめたものを、コンベヤ用減速機として開発した。

ひとくちにコンベヤ用と言っても、運搬物、設置場所などにより要求仕様は違ってくるが、ここでは石炭用コンベヤをメインに考えて、坑道内移動用と定置用（炭坑、港湾など）の2種類のタイプを用意した。特に坑道内移動用減速機は、狭い坑道内において設置状況に応じて出力軸が左右どちらにでも出せることが要求される。減速機を上下反転することにより、狭い坑道内で出力軸両出にすることなく、左右両方の軸出に対応できるようにしている。

また、坑道内移動用、定置用両方に共通して粉塵などが多い環境となることから、オイルシールを保護する機能をもつタコナイトシール構造およびエアブリーザなどを用意している。さらに、逆転防止用としてバックストップを内蔵したタイプも用意している。

主要仕様

| | |
|-------|--|
| サイズ | 9060～9100（坑道内移動用） 9030～9100（定置用） |
| 出力トルク | 24.4～122kNm（坑道内移動用） 6.4～122kNm（定置用） |

公称減速比 11.2～40

軸形式 直交軸 平行軸（定置用のみ）

据付け 横形

出力軸 ソリッド（中実）軸 ホロー（中空）軸

特長

パラマックス 9000シリーズの特長である、圧力角25°の歯車による歯車曲げ強度のアップ、新型冷却ファンおよび導風カバーによる従来比最大約80%の熱容量アップなどによる高負荷容量化およびコンパクト化を実現している。

直交形減速機におけるモータとギヤボックスを直結するドライブユニット構造による、ギヤードモータと同じ使い勝手を実現している。

坑道内移動用減速機では、出力軸を左右どちらにも出せる構造を採用している。（Invertible Design）

タコナイトシールおよびエアブリーザにより粉塵の多い環境に対応している。

コンベヤ用として、バックストップの低減速比領域を従来の減速比20までから11.2までに拡大している。

（PTC事業本部 石田敏浩）

超小型成形機 SE7M

Micro Injection Molding Machine SE7M



近年、プラスチック成形市場では、携帯電話、ノートパソコンおよびデジタルカメラなどの小型モバイル機器の急激な普及により、高精度化・小型化・薄肉化されたマイクロパーツの需要が高まっている。

生産現場においては、これらの部品の歩留まりを向上させるべく、従来の多数個取りから少数個取り成形へ生産形態をシフトしてきた。また、それに対応する成形機の価格は取り数削減から、低価格化が求められ、各成形機メーカーは機能・性能を絞り込んだマイクロパーツ用の超小型成形機で対応してきた。

しかし、金型の性能向上と部品需要の増加により、市場要求は高生産性を重視する声に変化しつつある。部品の要求精度の高度化と合わせ、高機能・高性能な超小型成形機が求められるようになってきた。

当社においては2001年から、ハイサイクル・精密安定成形性・高信頼性を特長とした全電動成形機SE-Dシリーズ（型締力170～1760kNまでの7機種）を販売してきた。今回、このような市場要求の変化に対応するべく、SE-Dシリーズの特長を受け継ぐとともに、マイクロパーツ特有の成形アプリケーションを標準仕様に組み込んだ超小型機SE7Mを新機種としてリリースした。

主要仕様

| | |
|--------|-------------|
| 最大型締力 | 69kN |
| タイバー間隔 | 182 × 155mm |

| | |
|--------|---------|
| デールライト | 300mm |
| 最大射出速度 | 300mm/s |
| 機械全長 | 1987mm |

特長

マイクロパーツの多数個取り傾向に対応し、180モデルベース搭載可能なタイバー間隔にするとともに、3プレート金型にも対応可能なデールライトとした。

生産性向上を図るべく、型締トグル機構とサーボ制御を改良し、1秒未満のドライサイクルを確保している。

SE-Dシリーズの特徴であるセンタープレスプラテンなどの機能を継承するとともに、金型保護機能を改良し、成形品の高精度化および金型の長寿命化に対応している。

射出装置にダイレクトドライブ機構を採用するとともに、サーボ制御を改良し、10ms台の速度立ち上がり応答性を確保し、微細・薄肉成形対応性を向上させている。

14スクリューアセンブリを標準搭載し、スーパーエンジニアリングプラスチックの微量計量の安定化を図っている。

各装置のコンパクト化を図り2m以下の全長とし、省スペース化を図っている。

（プラスチック機械事業部 四元晃史）

ZnO成膜試験装置

Reactive Plasma Deposition for ZnO Thin Film



プラズマコーティングシステム (Plasma Coating System PCS) は、高密度プラズマによる反応性プラズマ蒸着 (Reactive Plasma Deposition RPD) 法を実現する当社独自の装置である。

今回、RPD法を適用したZnO成膜試験装置を紹介する。RPD法は、蒸発源の直上に高密度プラズマを集束させることで蒸発材料を昇華させ、かつイオン化させることで反応性を高めたプラズマ蒸着法であり、従来の蒸着法やスパッタ法およびCVD法とは異なる成膜方法である。

これまで、ZnO成膜プロセスでは、薄膜成長時における結晶核成長の促進、薄膜の緻密化および結晶欠陥制御が重要であることが明らかになっている。RPD法はこれらの要求を満たすことができる成膜方法で、本装置に適した材料を使用することにより、高品位のZnO膜を得ることができる。このZnO膜は、ITO膜の代替は勿論、液晶テレビ用高移動度薄膜トランジスタなどの電子デバイス、白色光用の安価な(近)紫外発光ダイオードおよび軽量かつ割れないフレキシブルディスプレイなどの分野で極めて重要な材料になると期待されている。

主要仕様

| | |
|-------|------------------------------|
| 型式 | ガンデボアップタイプ 水平基板設置・走行式型成膜 |
| プラズマ源 | 圧力勾配型プラズマガン プラズマビーム修正装置付き |

| | |
|----------|------------------------|
| 基板サイズ | 200 (W) × 200 (L) mm |
| 反応ガス供給装置 | マスフローコントローラ制御 |
| 蒸発材料条件 | 30 × 40 (H) mm, ZnO焼結体 |

特長

蒸発した材料のイオン化率が非常に高く、粒子を活性化することができる。かつ基板に入射する粒子のエネルギーは、成膜条件を変更することで、数eV ~ 30eV程度にコントロールできる。

電極およびチャンバ内は、亜鉛蒸気による腐食や活性な酸素による酸化消耗を防ぐ構造になっている。

これらにより、低温で、かつ高品位のZnO膜を形成することができる。成膜データの一例としては、200℃に加熱したガラス基板上に成膜した結果、比抵抗 2.8×10^{-6} Ω・m、透過率90%以上(可視光領域、膜厚200nm)、成膜速度67nm・m/minの結果が得られている。

基板サイズの大型化に対しては、プラズマガンとビームコントロールユニットを並列に配置することで可能である。

今後、高品位ZnO膜の実用化に対して、威力を発揮する成膜試験装置として期待されている。

(量子先端機器事業センター 木下公男)

油圧ショベル SH700LHD-3B

Hydraulic Excavator SH700LHD-3B



本機は、大型機種に求められるユーザーニーズの多様化やさらなる地球環境への配慮に应运、以下のコンセプトのもとに開発したものである。

上位クラスよりコンパクトで輸送性に優れているショベルであること。

クラストップの作業性能を有し、多様な作業対応ができるショベルであること。

容易な整備性と高い信頼性の有するショベルであること。

排出ガス3次規制および欧州騒音2次規制に対応した人と環境に優しいショベルであること。

油圧ショベルNeo・Power PAXシリーズに、70tクラスのSH700LHD-3Bを加え、さらなる大型機種ラインナップの充実を実現した。

主要仕様

| | |
|----------|-------------------|
| 標準バケット容量 | 2.9m ³ |
| 運転質量 | 69700kg |
| 定格出力 | 317kW |
| 最大掘削力 | 317kN |
| 最大掘削半径 | 13160mm |
| 最大掘削深さ | 8400mm |

特長

生産性重視の観点より、クラストップのエンジン出力、掘削力および吊り上げ性能とし、80t機並みの大作業量と安定感のある作業性能を確保している。

大型機種での市場実績を踏まえ、80t機とのコンポーネント共通化を図り高い信頼性と耐久性を確保している。

定期点検・メンテナンス部位の最適配置とアクセス性への配慮、プレクリーナ/プレ燃料フィルタ標準装備などエンジン吸気系・燃料系エレメント類の強化および作動油透析システム「クリーンネフロン」標準装備とロングライフ作動油採用による作動油10000時間無交換を実現した。また、フロントアタッチメントにはEMS標準装備で1000時間無給脂など整備面での配慮を図っている。特に、ラジエタコア清掃性にはクーリングファン逆回転機能（ショベルでは業界初）を装備し、安全かつ容易に作業が行えるようにした。

欧米2006年開始の排出ガス3次規制に対応したエンジン搭載とクーリングファン回転制御による低騒音化、エンジン・油圧のフル電子制御を行うNEOシステムによる低燃費化を実現し、経済性と地球環境へ配慮した機械としている。

オプションとして大土量仕様を設定し、大土量バケット（4.0m³）とショートブーム&ショートアームの構成により大作業量の実現が可能である。

（住友建機製造株式会社 高橋秀樹）

合板整列装置

True Up Machine for Edges of Stacked Plywood

整列前の状態



整列後の状態



輸入合板の束（クレート）は入荷時板ずれが発生し、板自体のダメージも多い。クレートからダメージ品を抜き取り補充し、ずれが発生した板の端面を揃えて出荷しなければならない。この作業はクランプ付きフォークリフトを用いてクレートを反転させながら抜き取り、補充および端面揃えを行っているが、安全・能率・揃え品質の面から問題が多く、また出来高の不安定から出荷計画を乱すことも多い。この問題を解決するべく、作業に流れを作り一定のタクトで処理できるようにライン化したものがこの装置である。

機能的に最も工夫を要したものは、150枚以上の板の束を立てた時、1枚ずつの板の間に隙間を設け摩擦を切り、抜き取りと端面揃えをし易くすることであった。

板を立てたまま前進させることで、板を放射状に広げる機構を考案し、また次の4点の機能を満たしたことが成功のポイントである。

- 端面揃え機能 凹凸精度 2 mm以内
- 搬送時の板ずれ ゼロ（厚さ 4 mm以上の板）
- 反転機内でダメージ品の抜き取り・補充（人手）
- ライン上で自動バンド掛け、客先マーク刷り込み

1号機は国内で前例のない設備であり、納入後ユーザと協同で改良に取り組み、その結果1年半の間に3号機まで納入することができた。ユーザの声をよく聞いて改良に取り組んだことが、3号機までの実績につながったものと考えている。

主要仕様

- 処理サイズ 2×6, 3×6サイズ 高さ1500mm
板厚2.3mm以上
重量1500kgまで
- 能力 最大45クレート/時（80秒タクト）
ダメージ抜き取り・補充なしの場合

特長

1号機の導入に当たり、作業効率向上による経費削減と作業の流れ化による出荷の混乱改善が大きなポイントであった。

計画どおりの出荷ができるようになり、端面揃え精度の向上で商品品質もアップし、2倍以上の出荷の改善を達成している。

（住友ナコ マテリアル ハンドリング株式会社 高橋郁夫）

住友重機械技報第158号発行にあたり

住友重機械技報第158号をお届け致します。

本誌は、当社が常々ご指導頂いている方々へ、最近の新製品、新技術をご紹介申し上げ、より一層のご理解とご協力を頂くよう編集したものです。

本誌の内容につきましては、さらに充実するよう努めたいと考えますが、なにとぞご批判賜りたく、今後ともよろしくご支援下さるよう、お願い致します。

なお、貴組織名、ご担当部署などについては正確を期していますが、それらの変更がございましたら裏面の用紙にご記入の上、FAXでお知らせ頂きたくお願い申し上げます。また、読後感や不備な点を簡単に裏面用紙にご記入願えれば幸いに存じます。

2005年8月

〒141-8686 東京都品川区北品川5丁目9番11号

住友重機械工業株式会社

技術本部 技報編集事務局

(宛先)

(発信元)

住友重機械工業(株)
技術本部 技報編集事務局 行
FAX 横須賀 (046) 869 - 2355

貴組織名
担当部署
氏 名
TEL No.
FAX No.

住友重機械技報第158号の送付先の確認と読後感などの件

送
付
先
変
更

(旧送付先)

(新送付先)

送付番号 _____

送付番号 _____

組織名称 _____

組織名称 _____

担当部署 _____

→ 担当部署 _____

所在地 _____

所在地 _____

〒 _____

〒 _____

新
規
送
付
先

新しい部署ができた場合ご記入下さい。

組織名称 _____

担当部署 _____

所在地 _____

〒 _____

必要部数 _____ 部

本
号
の
読
後
感
に
つ
い
て

1. 本号で、一番関心を持たれた記事は。

論文・報告の中では _____

技術解説の中では _____

新製品紹介の中では _____

2. 本号を読まれたご感想をお知らせ下さい。(印でご記入下さい。)

1 興味深かった

2 特に興味なし

その理由をお聞かせ下さい。

キ
リ
ト
リ
線

主要営業品目

変減速機、**インバータ**

機械式減速機 : [同心軸]サイクロ減速機,サイクロギヤモータ、アルタックス、精密制御用サイクロ減速機,プレストギヤモータ,コンパワー遊星歯車減速機、[平行軸]バラマックス減速機,ヘリカルパディボックス、[直交軸]バラマックス減速機,ハイボニック減速機、ベベルパディボックス,ライタックス減速機,HEDCONウォーム減速機,小形ウォーム減速機　変速機 : [機械式変速機]バイエル無段変速機、バイエル・サイクロ可変減速機、[電気式変速機]インバータ,インバータ搭載ギヤモータ,サーボドライブ,DCドライブ、サイクロ、アルタックス、コンパワー、バラマックス、パディボックス、ハイボニック減速機、ライタックス、HEDCON、バイエル及びバイエル・サイクロは、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

プラスチック加工機械

プラスチック加工機械 : 射出成形機,射出吹込成形機,ディスク成形機,セラミックス成形機　フィルム加工機 : 押出機,フィルム製造装置,ラミネート装置　IC封止プレス　ガラスプレス　成形システム・金型 : 射出成形用金型,PETシステム,インジェクションフロー成形システム,インモールドラベリング成形システム　シート成形機 : 圧空真空成形機,真空成形機、パンチャ、その他周辺機器

レーザ加工システム

レーザドリルシステム　レーザアニーリングシステム　YAGレーザと加工システム　エキシマレーザと加工システム　YAG高調波レーザと加工システム

半導体・液晶関連機器

イオン注入装置　放射光リング・AURORA,放射光ビームライン　成膜装置 : (液晶フラットパネル用)プラズマ薄膜形成システム　精密XYステージNanoplaneシリーズ　リニアモータNanoplaneシリーズ　マイクロマシン　エキシマレーザアニーリングシステム　ウエハ研削装置　ウエハ洗浄装置

AURORA及びNanoplaneは、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

環境施設

環境・エネルギー関連プラント : 都市ごみ焼却施設,リサイクル施設、流動層ガス化熔融炉、産業用廃棄物処理施設　大気関連プラント : 電気集塵装置、灰処理装置,乾式脱硫・脱硝装置　水関連プラント : 上水処理施設,下水処理施設,浸出水処理施設　し尿処理施設　産業廃水処理装置

加速器、**医療機器**、**精密機器**、**極低温機器**、**超電導磁石**

イオン加速器 : サイクロトロン,ライナック,シンクロトロン　電子線照射装置　医療機器 : PET診断用サイクロトロン・CYPRIS,標識化合物合成装置,がん治療用陽子サイクロトロン,治療照射装置　精密XYステージNanoplaneシリーズ　リニアモータNanoplaneシリーズ　冷凍機 : パルスチューブ冷凍機,4KGM冷凍機,スター

事業所

| | | | |
|----------------|-----------|----------------------------------|--------------------|
| 本　社 | 〒141-8686 | 東京都品川区北品川5丁目9番11号(住友重機械ビル) | 愛媛製造所 |
| 関 西 支 社 | 〒541-0041 | 大阪市中央区北浜4丁目7番26号(住友ビル2号館) | 新居浜工場　〒792-8588 |
| 北海道支社 | 〒060-0042 | 札幌市中央区大通り西7丁目1番地(千代田生命ビル) | 西条工場　〒799-1393 |
| 東 北 支 社 | 〒980-0811 | 仙台市青葉区一番町3丁目3番16号(オー・エックス芭蕉の辻ビル) | 技術開発センター　〒237-8555 |
| 中 部 支 社 | 〒461-0005 | 名古屋市東区東桜1丁目10番24号(栄大野ビル) | 技術開発センター　〒792-8588 |
| 中国支社 | 〒730-0015 | 広島市中区橋本町10番10号(広島インテスビル) | (新居浜) |
| 四 国 支 社 | 〒760-0023 | 高松市寿町2丁目3番11号(高松丸田ビル) | 技術開発センター　〒188-8585 |
| 九 州 支 社 | 〒810-0801 | 福岡市博多区中洲5丁目6番20号(明治安田生命福岡ビル) | (田　無) |
| 田無製造所 | 〒188-8585 | 東京都西東京市谷戸町2丁目1番1号 | |
| 千葉製造所 | 〒263-0001 | 千葉市稲毛区長沼原町731番地1 | |
| 横須賀製造所 | 〒237-8555 | 神奈川県横須賀市夏島町19番地 | |
| 名古屋製造所 | 〒474-8501 | 愛知県大府市朝日町6丁目1番地 | |
| 岡山製造所 | 〒713-8588 | 岡山県倉敷市玉島乙島新湊8230番地 | |

リング冷凍機,クライオポンプ用冷凍機,MRI用冷凍機　人工衛星搭載観測装置冷却システム　超電導磁石 : ヘリウムフリー超電導マグネット

CYPRIS及びNanoplaneは、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

物流システム

自動倉庫システム　高速自動仕分システム　FMS/FAシステム　無人搬送システム

金属加工機械

鍛圧機械 : フォージングプレス,油圧プレス,フォージングロール,超高压発生装置　工作機械　SPS(放電プラズマ焼結機)

運搬荷役機械

連続式アンローダ,港湾荷役クレーン(コンテナクレーン,タイヤマウント式ジブクレーン,タイヤマウント式LLC),トランスファクレーン,ジブクレーン,ゴライアスクレーン,天井クレーン,製鋼クレーン,自動クレーン,ヤード機器 (スタッカ,リクレーマ,スタッカ/リクレーマ), シップローダ,ベルトコンベア及びコンベアシステム

船舶海洋

船舶 : 油槽船,撒種運搬船,鉱石運搬船,鉱油兼用船,コンテナ船,自動車運搬船,LPG船,LNG船,カーフェリー,ラッシュ船,作業船,大型洋式帆船,巡視船,他　海洋構造物 : 海洋石油生産関連構造物,浮体式防災基地,浮体式海釣施設,その他海洋構造物　海洋開発機器 : 各種パイ,船用環境機器

インフラ整備関連

橋梁 : 一般橋,長大橋　水門 : 各種ゲート　海洋・港湾構造物 : 沈埋函,ケーソン　シールド掘削機　生活関連設備 : 機械式駐車場,動く歩道　空港関連設備

化学機械、**プラント**

一般プラント : 紙・バルブ製造装置,化学装置,原子力装置　発電設備 : 循環流動層ボイラ　圧力容器 : リアクタ,塔,槽,熱交換器　攪拌混合システム : マックスブレンド攪拌槽,スーパブレンド(同心2軸型攪拌槽)パイボラック(横型2軸反応装置)

マックスブレンド及びパイボラックは、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

製紙機械

抄紙機,ワインダ,各種製紙関連設備

建設機械、**産業車輛**

油圧式ショベル,移動式環境保全及びリサイクル機械,クローラクレーン,トラッククレーン,ホイールクレーン,杭打機,道路舗装機械,フォークリフト

その他

航空用機器,精密鑄鍛造品,防衛装備品(各種機関銃,機関砲及びシステム)

技 報 編 集 委 員

| | | | |
|-----|---------|------|-----------|
| 委 員 | 渡 辺 哲 郎 | 委 員 | 李 瑞 彦 |
| | 小 林 克 行 | | 松 崎 敏 彦 |
| | 増 田 雅 之 | | 小 島 宏 志 |
| | 玉 井 文 次 | | 太 田 朝 也 |
| | 平 田 徹 | | 井 辻 孔 康 |
| | 高 倉 一 香 | | 佐 渡 賢 治 |
| | 西 原 秀 司 | | 土 居 砂 登 志 |
| | 野 原 彰 人 | | 久 保 隆 |
| | 川 井 浩 生 | 事務局 | 技術本部 |
| | 村 野 賢 一 | アシスト | SNBC |
| | 荒 居 祐 基 | | 千代田プランニング |

住 友 重 機 械 技 報

第158号 非売品

2005年 8 月10日印刷　8 月20日発行

発 行 住友重機械工業株式会社
〒141-8686 東京都品川区北品川5丁目9番11号
(住友重機械ビル)

お問い合わせ電話　横須賀(046)869-2302

発 行 人 吉 井 明 彦

文章中のソフトウェア等の商標表示は、省略しております。
無断転載・複製を禁ず