

## 環境配慮型深層混合処理船 黄鶴

今村 一紀・石黒 航祐

深層混合処理船「黄鶴」は、新しい時代の環境に配慮した作業船として、地球温暖化防止に取り組み、CO<sub>2</sub>の排出削減に努めたエコ対応の作業船を目指し、新たな試みとしてエネルギーの高効率化と自然エネルギーの利用による「作業船ハイブリッドシステム」を新規開発し、搭載した第1号の作業船となっている。

本船「黄鶴（こうかく）」の船名は、中国の故事に伝わる幸運をもたらした黄色い鶴に由来しており、新しい深層混合処理船として現代の環境問題を反映し、これからの作業船の方向性を指し示すものとなると考えている。

本報では、「黄鶴」の特長、作業船ハイブリッドシステムの効果（計画・実績）について報告する。

キーワード：深層混合処理工法、環境配慮型、作業船ハイブリッドシステム

### 1. はじめに

深層混合処理法は、原位置の軟弱粘性土にセメントまたはセメント系固化材を添加して原位置で強制的に攪拌混合し、化学的固結作用を利用して地盤中に強固な安定処理土を形成する工法である。しかも、短期間で高強度の改良地盤が得られること、構造物の沈下が少ない、耐震性に優れている、周辺環境への影響が少ないなど多くの利点を有している。

当社グループは現在、大型船（5.7 m<sup>2</sup>級）2隻、中型船（4.6 m<sup>2</sup>級）1隻、そして小型船（2.2 m<sup>2</sup>級）2隻の深層混合処理船を保有している。

しかしながら、老朽化に伴う新替えの時期を迎え、今後の市場を睨み、大型の深層混合処理船を建造することとした（写真—1）。



写真—1 深層混合処理船「黄鶴」

### 2. 本船の特徴

#### (1) 環境配慮型

##### (a) 作業船ハイブリッドシステムの開発・搭載

環境配慮型作業船として、エネルギーの高効率化と自然エネルギーの利用を組み合わせ「作業船ハイブリッドシステム」を新規に開発し、搭載した。作業船ハイブリッドシステムは、

- ①発電設備・統合制御装置
- ②コージェネレーションシステム
- ③昇降ウインチ電力回生システム
- ④太陽光・風力発電システム

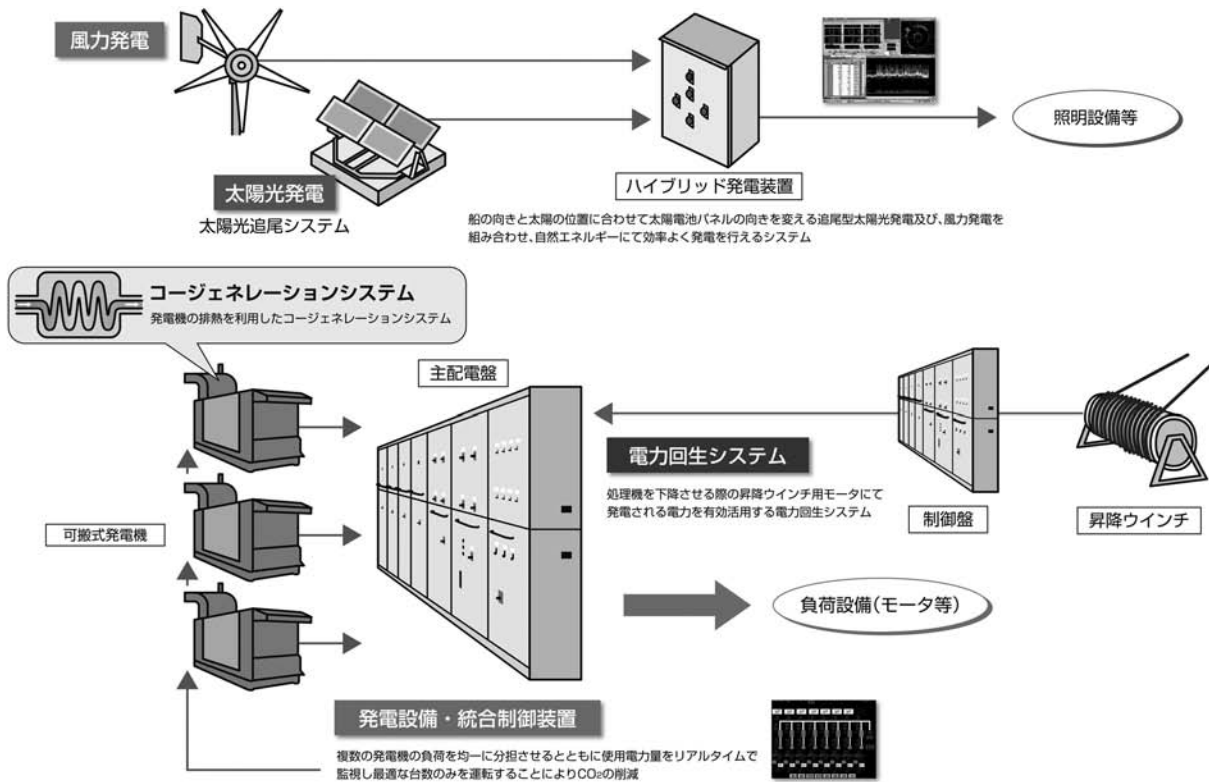
より構成されている。これらによって、従来の作業船に比べ、CO<sub>2</sub>排出量を削減できるシステムとなっている（図—1参照）。第3節より、本システムの詳細について示す。

##### (b) 電動方式の積極的採用

ウインチ類は従来、油圧式のもの主流であったが、エネルギー効率の高い電動方式を採用し、また、ウインチ類を稼働させる電動モーターには省エネ効果の高いインバータ方式を採用した。油圧機器をほとんど使用しないため、騒音や油の流出等の環境事故を未然に防ぐことが可能となっている。

##### (c) マルポール条約対応型発電機を使用

マルポール条約に対応した国際大気汚染防止原動機証書（EIAPP 証書）を取得した発電機を使用した。本船は、非自航船であるため日本国内ではマルポール



図一 作業船ハイブリッドシステムの例

条約は適応されないが、環境意識の高まりによる社会情勢の流れ、及び海外では非自航線も自航船も同様の扱いのため、本機の搭載に至った（写真一2）。



写真一2 可搬式発電機

(2) 大型船規格の深層混合処理船

本船の改良面積は5.47 m<sup>2</sup>であり、大型船規格(5.7 m<sup>2</sup>級)の深層混合処理船としている。主な仕様について表一1、搭載機器について写真3～5に示す。

表一1 黄鶴の主な仕様

全長	70.0 m
幅	32.0 m
深さ	4.50 m
計画吃水	2.65 m
塔高(水面上)	61.0 m
改良深度	52.0 m
セメントサイロ	300 t × 4 基
ミキサー	3 m <sup>3</sup> × 2 基
アジテータ	13 m <sup>3</sup> × 1 基
グラウトポンプ	440 ℓ/min × 8 台
改良面積	5.47 m
攪拌翼径	φ 1.4 m
攪拌軸数	4 軸
処理機電動機	350 kw × 4 台
軸トルク	7.5 t・m
回転数	MAX45 rpm
処理機重量	275 t
昇降ウインチ	450 kw, 50 t × 20 m/min
操船ウインチ(6台)	55 kW, 30 t/15 t × 9/20 m/min

(3) 護岸際までの地盤改良が可能

深層混合するための処理機を船首に配置している。これにより護岸際までの地盤改良が可能となる。

(4) 高い機動性

本船のタワー高さを水面上61.0 mに抑えている。これにより、明石海峡大橋などの通過も可能で、全国への回航が容易となる。



写真一三 昇降ウインチ



写真一六 操作盤



写真一四 ミキサー



写真一七 ウェブカメラ管理画面



写真一五 グラウトポンプ

### (5) 集中コントロール (操作室)

操作室では、操船、バラスト操作、処理機の昇降、攪拌軸の回転、プラントでのセメントミルクの製造等を集中して操作及び管理可能となっており、ブリッジでの一元管理を行うシステムとしている。また、自動運転が可能であり、一連の流れをあらかじめ設定したフローで制御できるシステムとなっている(写真一六)。

### (6) WEB カメラによる集中監視

WEBカメラの利点は、LANの幹線と、電源のみ

があれば容易に増設でき、監視する場所もブリッジや機関監視室など自由に選択することが可能となる。現在、18台のWEBカメラを装備し、ブリッジと機関監視室にて各部を詳細に集中監視できるシステムとしている(写真一七)。

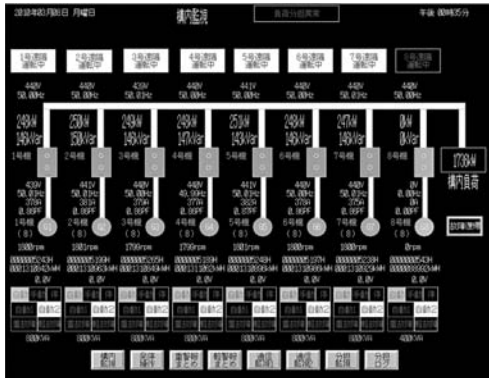
## 3. 「作業船ハイブリッドシステム」概要

### ① 発電設備・統合制御装置

搭載しているディーゼル発電機を、従来の作業船に搭載されていた大型発電機から複数の小型発電機に切り替え、発電機の負荷を分散させることで、稼働効率を高めることができるシステムである。各々の発電機負荷を均一分担させるとともに使用電力量をリアルタイムに監視でき、必要とされる発電機台数の把握が可能となり、最適な台数のみを運転することによって、CO<sub>2</sub>排出量を抑えることができる。このシステムにより、当社従来機比較で約17%のCO<sub>2</sub>削減効果を得られる(写真一八)。

### ② コージェネレーションシステム

作業船の電気は、化石燃料をもとに発電され、一般的に化石燃料の総エネルギーの30%を排熱として放



写真一 8 発電機統合制御画面

出されるといわれている。各発電機のダクトの周囲に温水配管を通し、排気として出される熱を回収して温水をつくり、船内で使用する温水として利用している(写真一 9)。



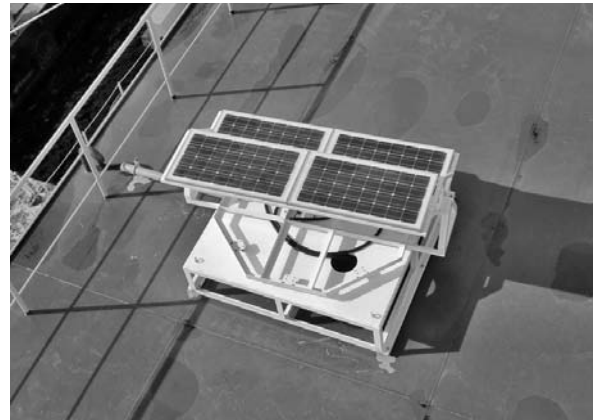
写真一 9 コージェネレーション

③昇降ウインチ電力回生システム

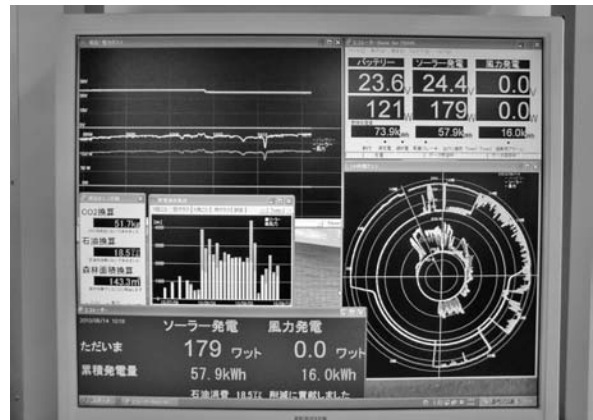
処理機を下降させる際に処理機を吊下げている昇降ウインチは、処理機の重みによって回されることになる。その際に昇降ウインチのモータは発電機と同じ働きをし、発電する。通常は、このとき発生する電気を熱に変換して放出しているが、本船では、発生する電気を発電機側に戻す(回生)ことが可能なシステムとしている。

④太陽光・風力発電システム

可搬式発電機による発電に加えて、太陽光及び風力等の自然エネルギーを利用した発電設備を採用している。これまで、施工状況により船の向きが変わる作業船では、太陽光発電には不向きであった。しかし、船の向きが変わる場合でも、船の向きと時間により太陽パネルの向きを可動させる太陽光追尾システム(特許出願中)を考案することにより、作業船でも効率良く発電を行える発電システムとした。また、風力発電は太陽光が発電しない夜間を補うために設けている(写真一 10, 11)。



写真一 10 太陽光発電及び太陽光追尾システム



写真一 11 太陽光・風力発電管理画面

4. 「作業船ハイブリッドシステム」の効果

(1) 計画

今回搭載した「作業船ハイブリッドシステム」の電力回生システム、コージェネレーションシステム、太陽光・風力発電の効果のシミュレーションを行なった。

電力回生システムは実働平均負荷率を50%とし、実働時間を18時間として計算した。

コージェネレーションシステムは十分に熱回収ができ、6kwの電気温水器2台が不要になると考え計算した。

太陽光・風力発電は実働時間を24時間、発電効率を50%とし、春分(日照時間を12時間)の場合を想定し計算した。各項目についての計算結果を表一2に示す。

需要率と運転時間を考慮した負荷設備全体の消費電

表一 2 各システムの発電量

昇降ウインチ回生電力	3,555.0 kWh / 日
コージェネレーション	86.4 kWh / 日
太陽光・風力発電	2.1 kWh / 日
合計	3,643.5 kWh / 日

力が68,400 kWh / 日と推定した場合、上記3つのシステムで設備全体の5%程度を賄えると考えている。

(2) 実績

太陽光・風力発電について、本運転時一週間（8月24日～8月30日）までの発電量の記録を取り、その結果を表-3、図-2に示す。

計測日は夏のため日照時間が長く、かつ雨も少なく猛暑日が続いていたため、計画よりも発電量が多い結果となった。

表-3 太陽光、風力発電量

年月日	太陽光 [Wh]	風力 [Wh]	総累積 [kWh]
2010/8/24	1,620.8	2,285.4	3.9
2010/8/25	1,498.6	1,360.6	2.9
2010/8/26	2,482.1	884.2	3.4
2010/8/27	2,118.4	407.0	2.5
2010/8/28	1,767.2	1,376.3	3.1
2010/8/29	2,123.2	59.7	2.2
2010/8/30	2,126.2	505.6	2.6
日当り平均	1,962.4	982.7	2.9

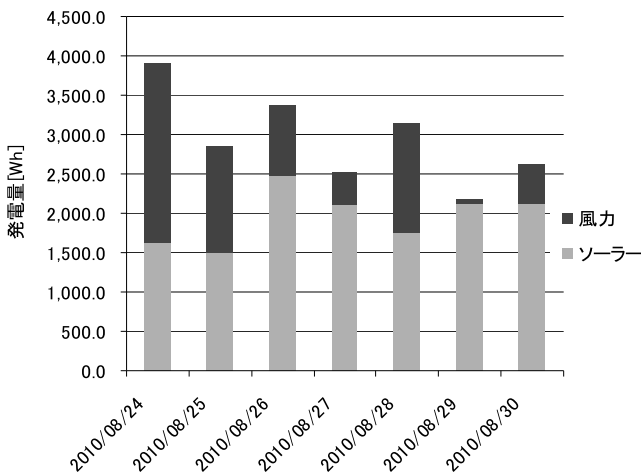


図-2 太陽光・風力発電量グラフ

居住区照明設備の消費電力は145.9 kWh / 日なので、この結果より太陽光・風力発電は居住区照明設備の消費電力の2%程度を賄っている結果となった。

電力回生システム、コージェネレーションシステムについては今後、実際の運転の中でCO<sub>2</sub>削減効果を確認していく所存である。

5. おわりに

黄鶴は環境配慮型深層混合処理船として様々な環境配慮技術を盛り込み、今回新たに「作業船ハイブリッドシステム」を搭載することとなり、作業船として新たな一歩を踏み出したことは喜ばしい限りである。「作業船ハイブリッドシステム」の今回の設備に関しては将来に備えての試作機であり、ここで得られたデータをもとに本格的なシステムを構築していく予定である。

本船を建造するに当たり、建造および試運転調整等にご協力頂いた関係者の方々に、誌面を借りて深謝致します。

JICMA

[筆者紹介]



今村 一紀 (いまむら かずき)  
東亜建設工業(株)  
土木事業本部 電気グループ  
グループリーダー



石黒 航祐 (いしくろ こうすけ)  
東亜建設工業(株)  
土木事業本部 機械グループ