

43. ハイブリッド化に伴う発電機自動発停システムの開発

東亜建設工業株式会社 土木事業本部機電部 ○宮本 憲都
永木 君治
今村 一紀

1. はじめに

産業革命以降の発展に伴い、様々な分野でエネルギーの消費量が飛躍的に拡大し、近年では地球温暖化の主要因である CO₂ の排出量も増え続けてきた。そのため、環境負荷低減に対する取り組みが様々な分野でなされている。

海上工事に用いられる作業船は、陸上の建設機械に比べて大型のものが多く、作業を行う上で大量の化石燃料を消費しているため、資源の有効利用ならびに環境負荷軽減の面からも消費量を極力抑えることが期待されていたが、作業船自体の更新（新造）がなかなか行われないうちもあり、あまり実施されていない状況であった。

当社は、平成 22 年の大型深層混合処理船「黄鶴」（写真-1）の建造に際し、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」を開発し CO₂ 排出量削減を推進してきた。

今回、深層混合処理工法の施工フローに合わせて発電機の運転台数を自動制御する「発電機自動発停システム」を開発し、この「作業船ハイブリッドシステム」を進化させることができた。ここに、その概要を紹介する。



写真-1 環境配慮型深層混合処理船 黄鶴

2. 作業船ハイブリッドシステム

作業船ハイブリッドシステムは、

- ①昇降ウインチ電力回生システム
- ②発電設備・統合制御装置
- ③太陽光・風力発電システム
- ④コージェネレーションシステム
- ⑤燃料改質装置

から構成されており、今回新たに「発電機自動発停システム」を加え、従来の作業船に比べ CO₂ の排出量を削減できるシステムとなっている。

（1）昇降ウインチ電力回生システム

処理機の昇降を行う昇降ウインチ（440V、450kW）は、処理機を下降させる際に処理機の重みによって回されることになり、その際に昇降ウインチ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もどすこと（回生）が可能なシステムとしている。

（2）発電設備・統合制御装置

通常、作業船の建造にあたり発電機容量を決定する際は、負荷設備総容量や各設備の効率や需要率、内燃機関の瞬時過負荷耐量などを考慮し最大負荷時を想定して発電機容量を決定することになる。

深層混合処理船の場合、改良深度や地盤状況など施工条件により負荷（必要とされる電気容量）が大きく変動するため施工条件によっては最大負荷時を想定して容量を決めている大型の発電機では無駄が生じることになる。

発電設備・統合制御装置は、搭載している発電機を従来の作業船に搭載されていた大型の発電機から複数の小型の可搬式発電機（800kVA×5台、400kVA×1台）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。

このシステムは、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、CO₂排出量を抑えることができる。

写真・2に可搬式発電機(800kVA)、図-1に発電設備・統合制御装置の画面例を示す。



写真-2 可搬式発電機 (800 kVA)

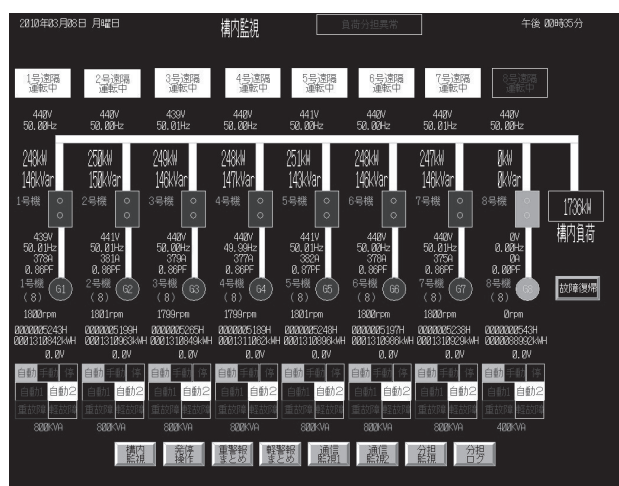


図-1 発電設備・統合制御装置画面表示例

(3) 太陽光・風力発電システム

居住区の照明設備用として太陽光及び風力の自然エネルギーを利用した発電設備を採用している。

太陽光パネルは、太陽光に対して直角に向けた方が発電効率が良いが、施工状況により船の向きが変わる作業船では発電効率が低下することが予想された。

深層混合処理船の場合、施工を行うために作業船の位置及び方向を測定する装置は標準的に装備しており、その信号を利用し、船の向きが変わった場合でも、船の向きと時間により太陽パネルの向きを変える太陽光追尾システムを考案したことにより、作業船でも効率よく発電を行えるシステムとした。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。

(4) コージェネレーションシステム

作業船の電気は、発電機で化石燃料をもとに発電されているが、一般的に発電機は、化石燃料の総エネルギーの30%を排熱として放出されていると言われている。

コージェネレーションシステムは、各発電機の排気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作り、船内で使用する温水として有効利用している。

(5) 燃料改質装置

燃料改質装置は、ケース内部に人体及び自然環境に悪影響を与えない程度の極低レベル放射線(β線・γ線)を照射する性質を持つ特殊セラミックが格納されており、燃料改質装置を通過する燃料にこの放射線を照射することにより、燃料の分子レベルでの改質が行われ燃焼促進効果が発揮されるものである。燃料改質装置は、陸上運搬車両及び重機、また海上輸送船ではすでに多数の実績はあるが、作業船での導入は初めてである。

3. 発電機自動発停システム

(1) システム概要

深層混合処理船「黄鶴」は、従来の大型の発電機を搭載した作業船とは異なり複数の可搬式発電機(800kVA)を並列運転することにより船内の電源を供給している。

本来、発電設備・統合制御装置には、緩やかな負荷変動に対応して発電機の運転台数を増減できる機能があるが、深層混合処理船では施工対象の地盤によっては負荷変動が激しくなる場合があり、その場合、発電機の発停が追従できないという問題がある。また、施工中の負荷変動を常時監視し、発電機の運転・停止を機関監視室から遠隔で操作を行うことは可能であるが、機関部員の負担が大きくなることから最も使用電力量が上がる支持層に到達した際の電力量をもとに発電機の運転台数を決定しており、使用電力量が減る攪拌翼が水中や空中にある場合でも運転台数の増減は行っていないのが現状であった。

「発電機自動発停システム」は、可搬式発電機の並列運転台数を攪拌翼が水中や柔らかい地盤表層部では使用電力量が少ないことから発電機の運転台数を少なくし、負荷の増える地盤深層部で運転台数を増やすものであり、無駄な発電機の稼働を減らすことでCO₂排出量の削減を実現している。

(2) システムの制御フロー

図-2に発電機発停システムブロック図を示す。

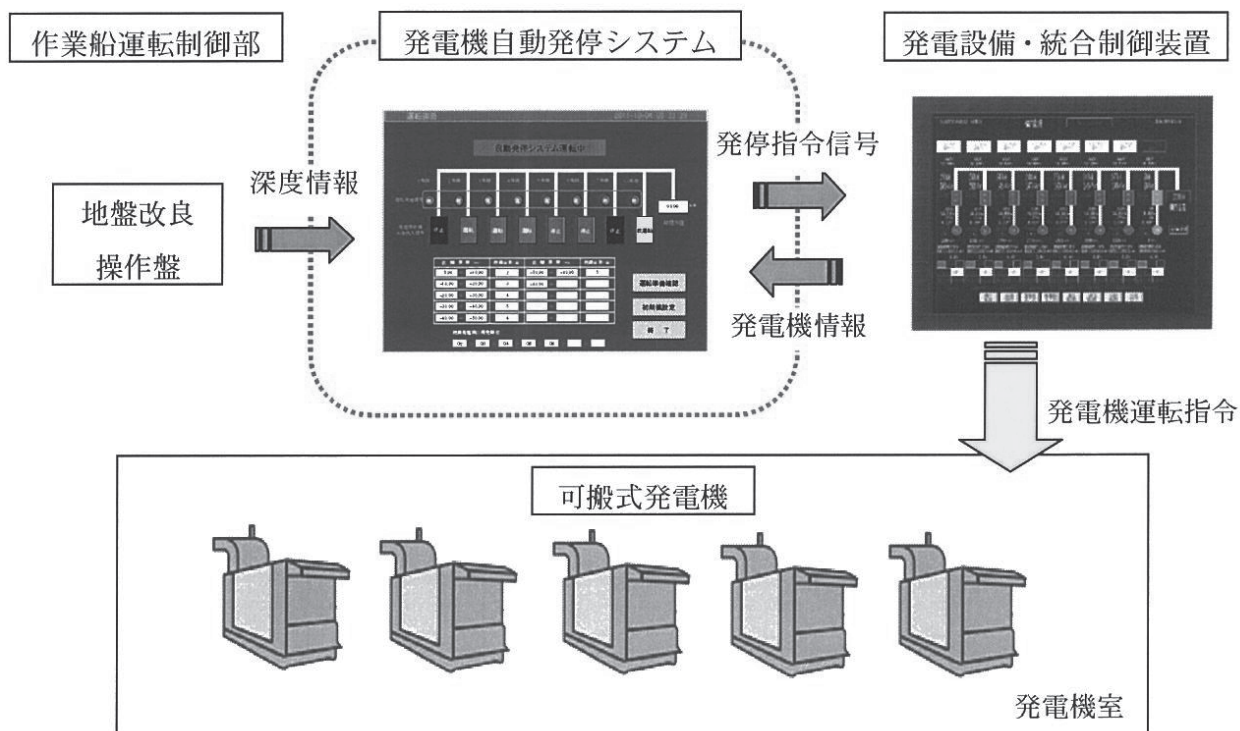


図-2 発電機発停システムブロック図

発電機自動発停システムは、処理機の昇降や攪拌翼の回転数など深層混合処理船の運転制御を行う地盤改良操作盤より得られる処理機の深度情報と発電設備・統合制御装置から得られる消費電力と各発電機の運転状態をもとにあらかじめ設定された発電機運転フローに従い発電設備・統合制御装置を経由して発電機の運転・停止を行うシステムである。

本船が施工中に稼働している主な負荷は、攪拌翼を回転させる攪拌モータ (350kW 440V×4 台)、攪拌翼が搭載されている処理機を上下に昇降させる昇降ウインチモータ (450kW 440V×1 台)、スラリーセメントを攪拌翼先端より吐出させるスラリーポンプモータ (22kW 220V×8 台)、その他の補機 (約 200kW) がある。その中でも最も大きく地盤の影響を受けて、負荷変動の激しい機器は、攪拌モータであり、固い地盤では負荷が上昇し、軟らかい気中では負荷が減少する。そこで、ボーリングデータ、試験打ちでの負荷変動状況を確認し、予め各深度ごとに必要発電機台数を PC に入力することにより、所定の深度に達すれば各発電機に発停指令を送っている。

(3) システム効果確認

平成 23 年度に実施された工事にて本システムを使用した場合(システム稼働時)と、これまで通り最大負荷が掛かる支持層に到達した際の使用電力量より運転台数を決めた場合(通常時)で、どれく

らの CO₂ 削減効果が得られるか各発電機の燃料消費量と使用電力量を記録し比較を行った。

この工事では、試験打設の結果と数本の施工データより攪拌翼の深度 \approx -20m で発電機を切り替えることとし、それより浅い深度では 2 台運転、深い深度では 3 台運転とした。また、打設杭の種類は改良深度の浅い杭(短杭)と改良深度の深い杭(長杭)があり、打設杭の種類別に削減効果を測定した。

図-3 に発電機運転台数切替イメージ図を示す。

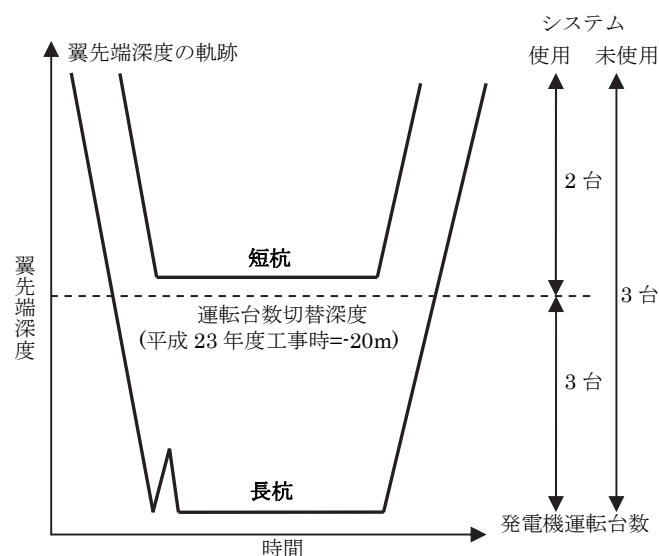


図-3 発電機運転台数切替イメージ図

表-1 に短杭打設時の単位電力量あたりの燃料消費量(=「測定期間の総燃料消費量」/「測定期間の総発電量」)を示す。

表-1 よりシステムを使用することにより約16.9% (= (0.426-0.354)/0.426)の改善効果が確認された。

表-1 燃料消費比較表(短杭)

打設数	システム有り	システム無し
1本目	0.347	0.419
2本目	0.345	0.429
3本目	0.342	0.422
4本目	0.355	0.435
5本目	0.353	0.435
6本目	0.353	0.433
7本目	0.356	0.416
8本目	0.383	0.414
平均値	0.354	0.426

単位：l/kWh

表-2 に長杭打設時の単位電力量あたりの燃料消費量を示す。

表-2 よりシステムを使用することにより約4.2% (= (0.329-0.315)/0.329)の改善効果が確認された。

表-2 燃料消費比較表(長杭)

打設数	システム有り	システム無し
1本目	0.314	0.333
2本目	0.312	0.332
3本目	0.315	0.324
4本目	0.315	0.331
5本目	0.315	0.329
6本目	0.316	0.325
7本目	0.314	0.328
8本目	0.316	0.330
平均値	0.315	0.329

単位：l/kWh

工事は長杭→短杭→長杭と長杭と短杭が交互に行われることになるが、全体としては5%のCO₂削減効果が確認できた。

(5) システムの特徴

本システムの特徴を以下に示す。

- ①施工条件によっては、10%以上のCO₂排出量削減が可能。
- ②発電機の運転時間の偏りが生じないように運転の順番が設定できるようになっている。
- ③設定を超える使用電力量になった場合、緊急に

追加して発電機を運転させるフェールセーフ機能がある。

- ④発電機の制御電源の入れ忘れやシステム稼動中に手動で発電機を停止させた場合などエラーメッセージを表示させヒューマンエラーを防止する機能を持っている。

4. おわりに

平成22年の「黄鶴」建造から約2年間で、作業船ハイブリッドシステムで削減されたCO₂削減量を表-3に示す。

表-3 CO₂削減量

昇降ウインチ電力回生システム	33.2t(196日運転)
発電設備・総合制御装置	392.3t(196日運転)
太陽光・風力発電システム	0.4t(196日運転)
コージェネレーションシステム	0.0t(196日運転)
燃料改質装置	2.9t(148日運転)
発電機自動発停システム	76.1t(137日運転)
合計	504.9t

建造から約2年間で作業船ハイブリッドシステムは504.9tものCO₂の削減を行うことができた。今後もますます、省エネに対する関心の高まりとそれに対する技術の向上が見込まれるなか、今後、層混合処理船のみならず他の作業船においても各施工方法に適合した発電機の自動発停システムの導入を検討していく考えである。