

# 作業船の CO<sub>2</sub> 削減対策

## 省エネ・自動化・添加剤等による CO<sub>2</sub> 排出量削減対策

杉 山 晃 一

温暖化対策として、世界的に脱炭素化に向けた取り組みが加速する中、我が国は 2050 年にカーボンニュートラルを実現することを表明し、あらゆる分野で CO<sub>2</sub> 排出量削減に向けた取り組みが進められている。国内の海上土木工事に使用される作業船では、動力用ディーゼルエンジンを搭載しており、陸上機械に比べ機関出力が大きく稼働中の作業船から排出される CO<sub>2</sub> の削減は、喫緊の課題である。本稿では、作業船にて進められている「カーボンニュートラル」に向けた取り組み計画などを紹介する。

キーワード：作業船、省エネ対策、燃料添加剤、回生電力、電動化、自動自立化施工

### 1. はじめに

温暖化対策として、世界的に脱炭素化に向けた取り組みが加速する中、我が国は 2050 年にカーボンニュートラル（以下 CN）を実現することを表明し、あらゆる分野で CO<sub>2</sub> 排出量削減に向けた取り組みが進められている。

国内の海上土木工事に使用される作業船は、推進装置を持たないものも多いが、通常、動力用ディーゼルエンジンを搭載しており、自航船と同様、大気中に大量の CO<sub>2</sub> を放出している。

稼働中の作業船から排出される CO<sub>2</sub> の削減は、喫緊の課題であり、様々な分野で CO<sub>2</sub> 排出量削減に向けた取り組みが進められている。

### 2. 作業船の CN 対応エンジンの動向

#### (1) 作業船で使用されるエンジンについて

作業船に搭載されるディーゼルエンジンは、使用用途により型式が異なる。例えば、大型船舶の推進用には定置式大型ディーゼルエンジンが使用されることが多く、作業用設備の動力用には大型の可搬式発電機

| エネルギー用途     |     |                   |         | 現 状               |                                             | 将来目標(想定)              |                             |                             |                             |                             | 該当作業船                       |                                   |
|-------------|-----|-------------------|---------|-------------------|---------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
|             |     |                   |         | No.               | 機関                                          | 燃料                    | 駆動系                         | 2025年                       | 2030年                       | 2040年                       |                             | 2050年                             |
| 航行用推進       | 大型船 | ① 大型ディーゼルエンジン(主機) | A-重油    | 直駆動               | 現状の機関+低炭素運転、適正整備 → エコ燃料<br>△ 7 kg(低炭素運転等 ?) | △ 100%(次世代バイオ)        | △ 100%(ブルー-グリーン水素・アンモニア燃料で) | △ 100%(ブルー-グリーン水素・アンモニア燃料で) | △ 100%(ブルー-グリーン水素・アンモニア燃料で) | △ 100%(ブルー-グリーン水素・アンモニア燃料で) | 自航式作業船、曳航船                  |                                   |
|             |     | ② 小型ディーゼルエンジン(主機) | 軽油      | 直駆動               | 現状の機関+低炭素運転、適正整備<br>△ 7 kg(低炭素運転等 ?)        | △ 25%                 | L N G機関+ L N G              | L N G機関+ CO2-captureメタン     | L N G機関+ CO2-captureメタン     | L N G機関+ CO2-captureメタン     | 交通船、揚船、押船                   |                                   |
|             |     | ③ 船外機             | ガソリン    | 直駆動               | 現状の機関+エコ燃料<br>△ 7 kg(低炭素運転等 ?)              | △ 100%(次世代バイオ)        | △ 100%(CO2フリー電源での充電)        | △ 100%(CO2フリー電源での充電)        | △ 100%(CO2フリー電源での充電)        | △ 100%(CO2フリー電源での充電)        | △ 100%(CO2フリー電源での充電)        |                                   |
| 作業用 作業機械の運転 |     | ④ 大型ディーゼルエンジン     | A-重油    | 直駆動<br>油圧         | 現状の機関+低炭素運転、適正整備 → エコ燃料<br>△ 7 kg(低炭素運転等 ?) | △ 100%(次世代バイオ)        | L N G機関+ L N G              | △ 100%(ブルー-グリーン水素・アンモニア燃料で) | L N G機関+ CO2-captureメタン     | L N G機関+ CO2-captureメタン     | ポンプ液渡船                      |                                   |
|             |     | ⑤ 定置式ディーゼル発電機     | A-重油、軽油 | 電気→油圧<br>電気(モーター) | 現状の機関+エコ燃料、低炭素運転<br>△ 7 kg(低炭素運転等 ?)        | △ 100%(次世代バイオ)        | L N G機関+ L N G              | △ 100%(ブルー-グリーン水素・アンモニア燃料で) | L N G機関+ CO2-captureメタン     | L N G機関+ CO2-captureメタン     | ポンプ液渡船、起重機船                 |                                   |
|             |     | ⑥ 可搬式発電機          | 軽油      | 電気→油圧<br>電気(モーター) | 現状の機関+エコ燃料、低炭素運転<br>△ 7 kg(低炭素運転等 ?)        | △ 25%                 | L N G機関+ L N G              | △ 100%(ブルー-グリーン水素・アンモニア燃料で) | L N G機関+ CO2-captureメタン     | L N G機関+ CO2-captureメタン     | CDM船、SCP船                   |                                   |
|             |     | ⑦ 建機搭載ディーゼルエンジン   | 軽油      | 油圧                | 現状の機関+エコ燃料、低炭素運転<br>△ 7 kg(低炭素運転等 ?)        | △ 40%~△ 100%(電源状況による) | 常時発電                        | 常時発電                        | 常時発電                        | 常時発電                        | 常時発電                        | 起重機船、バックホウ液渡船、クレーン液渡船、ドレミー船、空気圧送船 |
|             |     | ⑧ 定置式ディーゼル発電機(補機) | A-重油、軽油 | 電気                | 現状の機関+エコ燃料、低炭素運転<br>△ 7 kg(低炭素運転等 ?)        | △ 100%(次世代バイオ)        | △ 100%(ブルー-グリーン水素・アンモニア燃料で) | △ 100%(ブルー-グリーン水素・アンモニア燃料で) | △ 100%(ブルー-グリーン水素・アンモニア燃料で) | △ 100%(ブルー-グリーン水素・アンモニア燃料で) | △ 100%(ブルー-グリーン水素・アンモニア燃料で) | 全作業船                              |
|             |     | ⑨ 可搬式発電機          | 軽油      | 電気                | 現状の機関+エコ燃料、低炭素運転<br>△ 7 kg(低炭素運転等 ?)        | △ 100%(次世代バイオ)        | L N G機関+ L N G              | △ 100%(ブルー-グリーン水素・アンモニア燃料で) | L N G機関+ CO2-captureメタン     | L N G機関+ CO2-captureメタン     | L N G機関+ CO2-captureメタン     | 全作業船                              |
|             |     | ⑩ 可搬式発電機          | 軽油      | 電気                | 現状の機関+エコ燃料、低炭素運転<br>△ 7 kg(低炭素運転等 ?)        | △ 25%                 | 停泊中発電                       | 常時発電                        | 常時発電                        | 常時発電                        | 常時発電                        | 常時発電                              |

図—1 作業船の CO<sub>2</sub> 排出機関

が使用されることもある(図―1作業船の機関を参照)。

現状では、ディーゼルエンジンの燃料として、軽油または重油を使用することが一般的である。

## (2) CN 対応機関への対応

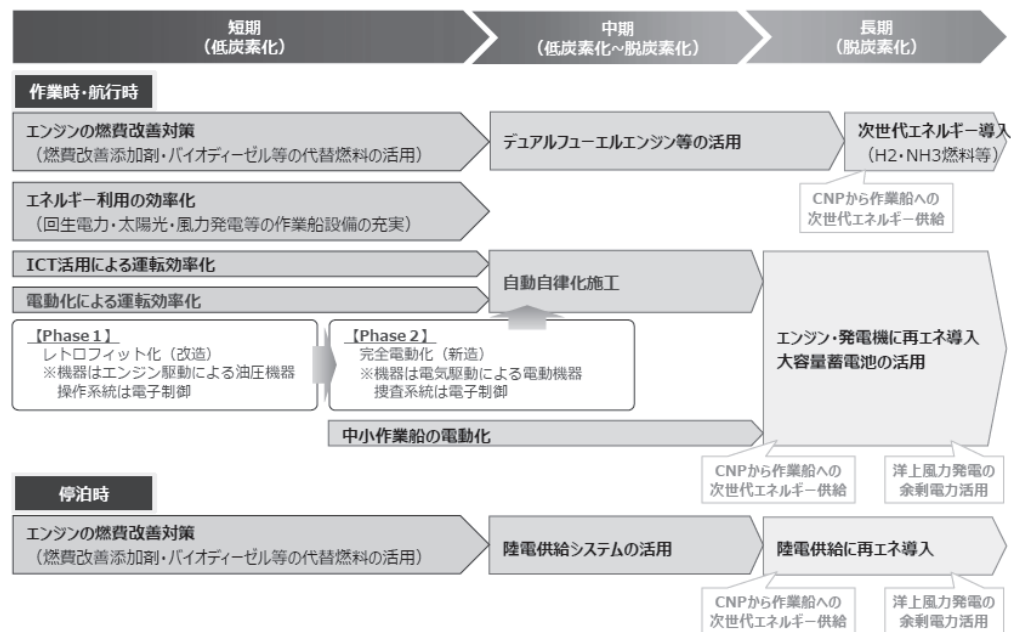
国際海事機関 (IMO) は、国際海運における CO<sub>2</sub> 排出量削減を進めており、関連する業界で次世代燃料・推進システムの開発普及に向けた動きが活発化している。特にエンジンメーカーは、船用エンジンからの CO<sub>2</sub> 排出量削減を進めるため、次世代エンジンの開発に取り組んでいる。例えば、大型エンジンでは化石燃

料から水素・アンモニア燃料を使用する船用エンジンを開発することでカーボンニュートラル化を目指す動きがある。また、小型～中型のエンジンでは、燃料電池を動力として使用する機関の開発も進められている。

次世代エンジンへの転換時期を予想することは困難であるが、2030 年前後には本格的に次世代エンジンへの転換が進むのではないかと予想している。

## 3. 作業船の CN 化イメージ

作業船で使用されるエンジンの CN 化は、現在及び



図―2 作業船の CN ロードマップ<sup>1)</sup>

表―1 CN 化のための課題と対策

|        | 削減項目                              | 課題                                          | 対策                                |
|--------|-----------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|
| 燃料系    | 添加剤の使用                            | ・添加剤の種類の選定<br>・エンジンへの負担確認                   | ・試行工事によるその有効性を確認                  |
|        | 代替燃料<br>・バイオ燃料<br>・GTL            | ・エンジンへの負担確認<br>・NOx 排出確認<br>・精製品質の確保<br>・高価 | ・試行工事によるその有効性を確認<br>・作業船への供給体制の構築 |
|        | デュアル燃料<br>・LNG<br>・水素<br>・再生エネルギー | ・設備の増設<br>・エンジンへの負担確認<br>・高価                | ・作業船への供給体制の構築<br>・安全に係る法設備        |
|        | 新エネルギー<br>・水素<br>・アンモニア燃料         | ・燃料タンク増設<br>・安全設備対策<br>・高価                  | ・作業船への供給体制の構築<br>・安全に係る法設備        |
| 蓄電池式   | 再生エネルギーの蓄電池                       | ・蓄電池化への改造が必要<br>・対応できない船種もある                | ・試行工事によるその有効性を確認                  |
|        | 水素燃料電池                            | ・燃料タンク増設<br>・安全設備対策<br>・高価                  | ・試行工事によるその有効性を確認<br>・安全に係る法設備     |
| 施工能力改善 | 動力の電動化<br>自動・自立化                  | ・削減効果の検証                                    | ・試行工事によるその有効性を確認                  |
|        | ICT, AI, DX 活用                    | ・削減効果の検証                                    | ・試行工事によるその有効性を確認                  |

将来の技術動向を踏まえて検討を行う必要がある。

作業船のCN化のロードマップを図—2に掲示する。

### (1) CN化のための課題と対策

作業船のCO<sub>2</sub>排出量削減のためには、新技術の導入が不可欠である。作業船におけるCN化の課題と対策を表—1に記載する。

## 4. 作業船のCO<sub>2</sub>削減対策の取り組み事例

### (1) 動力機関への燃料添加剤の使用について

エンジンの燃費改善対策として、燃料添加剤やバイオ燃料を活用する例が増えてきている。図—3に重油用燃料添加剤、図—4に軽油用燃料添加剤を使用した燃料改善効果の例を示す。この事例では約4～10%の改善効果が確認されている。燃料添加剤の使用については、使用条件やエンジンの負荷により効果にばらつきが見られるため、今後も様々な工種や作業船で効果を検証する必要がある。

### (2) 設備の更新によるエネルギー効率の改善

旧式の設備を換装することで、エネルギー効率を改

善した事例もある。大型ポンプ浚渫船の例では、浚渫ポンプや浚渫ポンプ用エンジンの最新型への換装や、電動機のインバータ化によるエネルギー効率の改善等により、同負荷における燃料消費量を10%以上改善し、CO<sub>2</sub>排出量を削減した（写真—1、2）。

### (3) エネルギー効率の向上

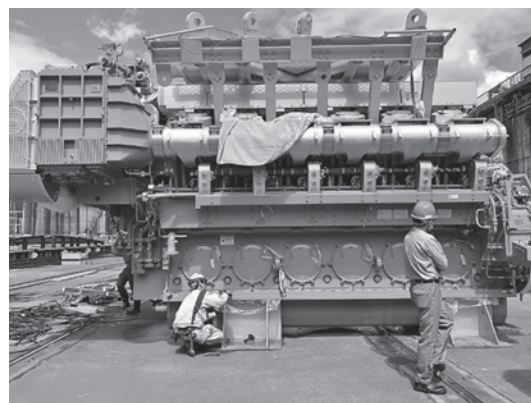
深層混合処理船で行われているエネルギー効率の改善事例を紹介する（写真—3、図—5）。

#### ①発電設備・統合制御装置

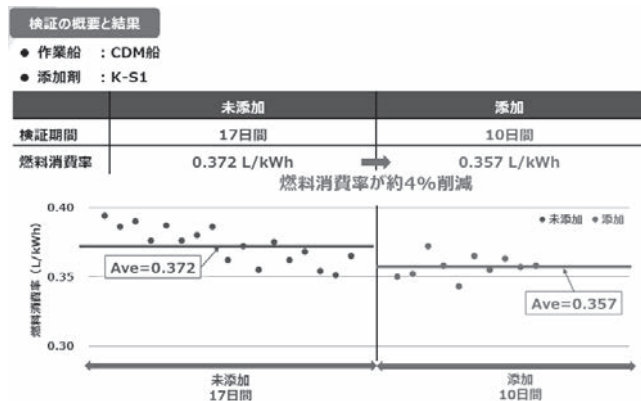
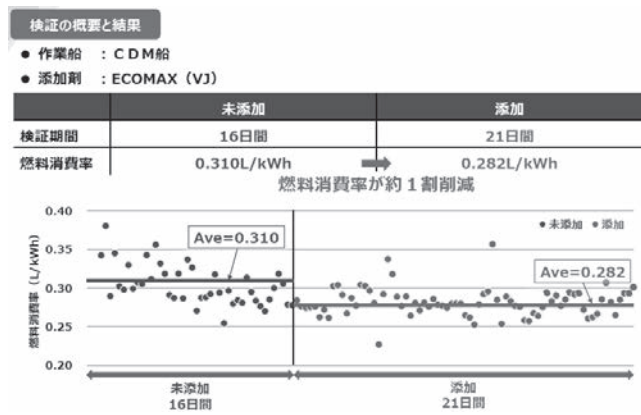
発電設備・統合制御装置は、複数の発電機を、適切に制御することで発電効率を向上させるシステムであ



写真—1 ポンプ浚渫船

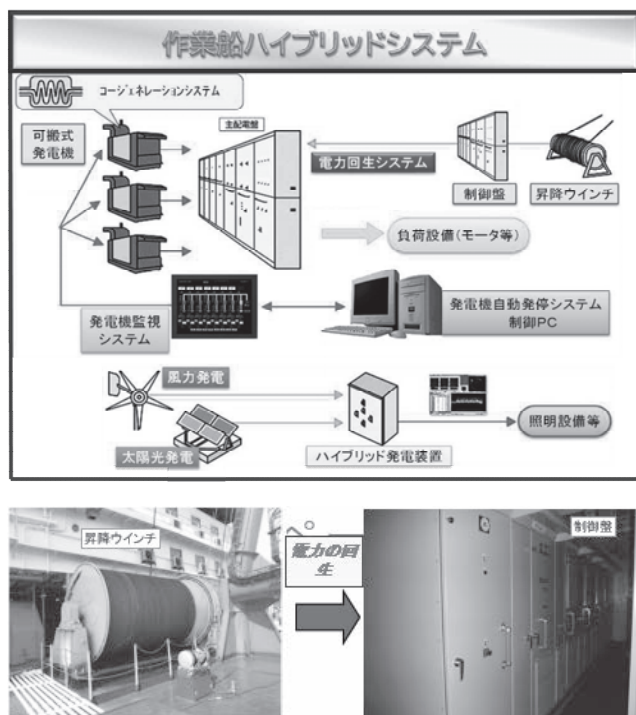


写真—2 最新型ディーゼルエンジン



写真—3 環境配慮型深層混合処理船





図一5 ハイブリッドシステム概念図

る。各々の発電機負荷を均一に分担させるとともに、使用電力量をリアルタイムに把握し、必要最小限の発電機のみ運転させることで発電機使用台数を減らすことができ、発生するCO<sub>2</sub>排出量を削減することができる。

#### ②昇降ウインチ電力回生システム

地盤改良機（深層混合処理機）を上昇・下降させる昇降ウインチのモータは、下降時は深層混合処理機の重さによって回されている状態となる。その際に昇降ウインチのモータは発電機と同じ働きをするので、電気が発生する。通常は、このときに発生する電気を熱変換して放熱しているが、本システムでは、発生する電気を発電機側に戻すこと（回生）でエネルギー効率を改善している。

#### ③コージェネレーションシステム

排気される排熱を利用して温水をつくり、船内で使用する温水として有効利用している。

#### ④太陽光＋風力発電システム

主に居住区の照明設備用に太陽光発電や風力発電システムを使用している。船の向きが変わっても太陽光パネルを自動的に最適な向きに調整する太陽光追尾システムを導入している。

| 作業船の種類 | CO <sub>2</sub> 削減手法 |
|--------|----------------------|
| グラブ浚渫船 | 電力回生システム             |

**概要**

- 巻き下げ時に主巻モーターを発電機として得られる回生電力を利用して省エネ化をはかる浚渫船
- 電力との併用によるハイブリッド型や電動型等の導入に向けた検討を実施

**CO<sub>2</sub>削減効果**

- グラブ巻き下げ時に発生するエネルギーを回生電力として蓄え、グラブ巻き上げ時にそれを利用し、燃料消費量を25%～30%低減できるとともにCO<sub>2</sub>などの排出ガスも大幅に削減
- なお、国内での作業船の電動化は検討段階であり、早期の実用化を目指して実証等を実施

図一6 グラブ浚渫船による回生電力の利用<sup>2)</sup>

#### (4) グラブ浚渫船による回生電力の利用

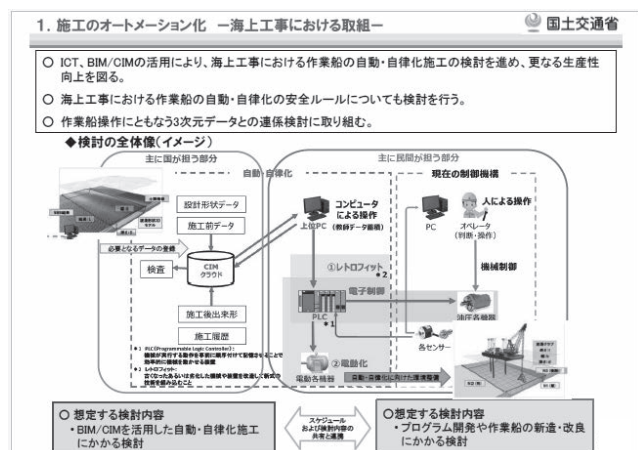
グラブ浚渫船で、省エネルギーと環境配慮を両立させた電力回生システムを紹介する（図一6）。

##### ①ハイブリッド機能の導入

グラブバケットを巻き下げる際に発生する運動エネルギーを電気エネルギーに変換し、キャパシタに蓄電する。蓄えられた電気エネルギーは、グラブバケットを巻き上げる際のディーゼルエンジンの動力を補助するために使用する。これにより、エンジンの負荷が軽減され、燃料消費量及び、CO<sub>2</sub>排出量を削減できる。

### 5. 海上工事における自動自立化施工

国土交通省が生産性向上を目指して取り組んでいる「i-Construction 2.0」では、施工、データ連携、施工管理の3つの分野で自動自立化を推進している（図一7）。作業船においてもAIによる施工計画の自動作成や1人のオペレーターによる複数の建機の操作などの取り組みが進展しており、今後生産性向上によるCO<sub>2</sub>削減も期待できると思われる。

図ー7 海上工事施工の自動化イメージ<sup>3)</sup>

新しい技術の採用を積極的に進めると同時に、作業船の省エネ対策や低炭素燃料の使用、作業効率の向上等、現状できる対策を進めることも重要であると考えている。

省エネ等の取り組みは、結果として設備の最適化を進めることになり、将来CN対応装置を導入する際のコスト縮減にもつながると考えている。

J C M A

## 《参考文献》

- 1) 日本埋立浚渫協会資料
- 2) 国土交通省「港湾工事における二酸化炭素排出量削減に向けた検討WG」
- 3) 国土交通省 i-Construction 2.0 建設現場のオートメーション化

## 6. おわりに

2050年のCN実現に向けて、温室効果ガスの排出量を削減するため、あらゆる分野で様々な取り組みが進められている。ただし、CN実現に重要な役割を果たすと思われる次世代エンジンの供給時期や、新燃料の安定供給が確立する時期を予測するのは困難である。

## 【筆者紹介】

杉山 晃一（すぎやま こういち）  
東亜建設工業㈱  
土木本部 機電部  
担当部長

