

港湾部の浚渫工事における 二酸化炭素排出量の推計

松本 嘉孝¹・武田 真人²・角野 晴彦³・市坪 誠⁴

¹正会員 豊田工業高等専門学校准教授 環境都市工学科 (〒471-8525 愛知県豊田市栄生町 2-1)
E-mail: matsumoto.yoshitaka@toyota.kosen-ac.jp

²非会員 豊田工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒471-8525 愛知県豊田市栄生町 2-1)

³正会員 岐阜工業高等専門学校教授 環境都市工学科 (〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑 2236-2)
E-mail: sumino@gifu-nct.ac.jp

⁴正会員 豊橋技術科学大学教授 高専連携地方創生機構 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀丘 1-1)
E-mail: ichtubo@cite.tut.ac.jp

港湾部をカーボンニュートラルポート(CNP)と位置づけ、次世代エネルギーの利活用を含め種々の取り組みが開始されている。その第一段階として、港湾部各所の CO₂ 排出量の算出が求められているが、土木工事を対象としたその算定例は限られている。そこで今回は、港の運営に大きく関わる浚渫作業に着目し、工事作業に伴う CO₂ 排出量を明確にすることを目的とする。本研究で対象とする港湾は名古屋港とし、浚渫作業の過去 4 年分の作業概要を入手し、使用したグラブ浚渫作業船から排出された CO₂ 量を算出した。浚渫作業船による年平均 CO₂ 排出量は 706 (tCO₂)、各工事の平均 CO₂ 排出量は 202 (tCO₂)となった。この各工事の CO₂ 排出量は、グラブ容量よりも稼働日数や隻数が影響を及ぼしていることも明らかになった。

Key Words: CO₂ emission, port, dredging operation

1. 研究背景および目的

2020年に経済産業省および関係省庁は、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を策定した。その中に、我が国のCO₂排出量の約6割が港湾・臨海部である点や、水素等の次世代エネルギー輸入拠点の位置付けから、カーボンニュートラルポート（以下CNP）の形成が重要視されている¹⁾。そこで、全国の7港湾にてCNP検討会が設立されるとともに、それに合わせて国土交通省では、「CNPの形成に向けた検討会」を開催し、CNP形成に向けた施策の方向性を示すとともに、「CNP形成計画」策定マニュアルを作成した²⁾。この中では、水素等サプライチェーン拠点としての受け入れ環境の整備と、港湾地域の面的・効率的な脱炭素化の2点をCNPを目指す姿として提示している。後者について、港湾部は大量の物流を受入、留置、差配する拠点であることから、その物流関連の脱炭素化が注目されている。合わせて、港湾産業との連携、ブルーカーボン生態系の再生や保全、港湾工事の脱炭素化について言及している。

日本ではエネルギー資源や穀物などの食料資源は海外から航路によって輸入されるため、その拠点となる港湾の維持・管理は欠かすことはできない。港湾工事は大きく分けて、港湾整備と海岸整備に分けることができ、港湾整備は港施設の維持・管理や新設、海岸整備は防災や環境保全などである。このうち、船舶の航路や泊地の十分な水深を維持する浚渫工は港湾整備と位置付けられている。

国土交通省では、2021年に港湾工事におけるCO₂排出量の削減に向けてワーキンググループを設置し、港湾工事の実態を踏まえた排出量の算定方法の検討をおこなっている。そのワーキンググループでは、CO₂排出量の可視化を目的として、2022年に「港湾工事における二酸化炭素排出量算定ガイドライン（発注段階編）」を作成した³⁾。その中では、工事発注段階における、数量が明確な材料や建設機械・作業船の稼働を主な算定対象としている。機械稼働に伴う燃料の燃焼によるCO₂排出量は、「燃料単位の燃焼に伴うCO₂排出量原単位と工事積算に基づく燃料消費量を掛け合わせるにより求める」

としている。土木工事全般に関わるCO₂排出量の算定については、米倉ら（2005）⁴⁾が、用いる資材の製造・輸送過程及び施工時に排出するCO₂量を工事金額より算定するシステムを提案している。CO₂排出量を工事費から可視化できる点においては、工事全体の排出量を簡易的に求められる点においては有効であるが、実工事との比較が不十分な点に検討の余地がある。港湾土木工事においては、前川ら（2011）⁵⁾、林ら（2013）⁶⁾が航路浚渫及びケーソン式係船岸を対象にCO₂排出量を試算している。ここでは、資材の製造過程におけるCO₂排出量の算出や、機械減耗及び燃料燃焼に伴う稼働から建設機械のCO₂排出量の計算をしているが、機械稼働に伴う排出量の検討は不明瞭な点がある。

このように、これまで港湾部の土木工事におけるCO₂排出量の算定は実施されてきたものの、工事実態を反映した方法での算出結果の提示は不十分であった。そのため、本研究では、「港湾工事における二酸化炭素排出量算定ガイドライン（発注段階編）」を参考にしながら、工事実態データを用いて、名古屋港における4年間の浚渫工事におけるCO₂排出量の算出を行うこととする。

2. 研究方法

(1) 対象地

本研究では名古屋港を対象として研究を行うこととする。名古屋港は、中部圏が自動車産業などのものづくり産業の集積地であることを背景に、我が国における取扱貨物量が最も多い港である。その名古屋港では、港の関係者が連携し、2021年の早い段階からCNP検討会を設置し、検討を行ってきた経緯がある⁷⁾。

(2) 対象港湾工事

港湾における浚渫作業手順は、海底の土砂を採取する浚渫工、採取した土砂を運搬する土捨工、そして最後に土砂を埋め立てなどに利用する埋立工にわけることができる。今回の対象は浚渫工とし、その主な工事法であるポンプ浚渫とグラブ浚渫の2種類のうち、グラブ浚渫を対象とする。林（2011）⁸⁾の研究では、浚渫工としてグラブ浚渫工、揚土土捨工、土運船運搬工、排砂管設備工、安全対策工を対象としてCO₂排出量の計算を行っており、グラブ浚渫工と揚土土捨工が共に全体の4割程度を占めていることから、グラブ浚渫工が一連の浚渫工のCO₂排出量に占める割合は大きいといえる。

(3) CO₂排出量算定方法

国土交通省中部地方整備局より平成29年度から令和2年度までの港湾浚渫作業工事実績概要を取得した（表-1）。この工事実績には、工事場所、工期、浚渫土量、

表-2 各浚渫工事の標準使用燃料および工期内使用燃料。

	工事年度	標準使用燃料 (L/日)	工期内使用 燃料(L)
1	平成29年度	1967	72779
2	平成29年度	3327	83175
3	平成30年度	2873	43101
4	平成30年度	1967	55076
5	令和元年度	2420	62923
6	令和元年度	2692	102296
		1605	60990
7	令和2年度	2692	75376
		2873	80455
8	令和2年度	2601	36420
9	令和2年度	3055	137471
10	令和2年度	2692	86144
		1605	51360
11	令和2年度	2692	94220

表-1 平成29年度から令和2年度における各浚渫工事の工事概要。

	工事年度	工事場所	工期	浚渫	グラブ浚渫船	浚渫船 隻数	稼働 日数
				土量(m ³)	バケツ容量(m ³ 級)		
1	平成29年度	泊地外	平成29年12月から平成30年3月	92203	15	1	37
2	平成29年度	泊地	平成30年3月から平成30年7月	53308	30	1	25
3	平成30年度	泊地	平成30年6月から平成30年10月	84543	25	1	15
4	平成30年度	泊地	平成30年12月から平成31年3月	69155	15	1	28
5	令和元年度	泊地外	令和元年7月から令和元年10月	29613	20	1	26
6	令和元年度	泊地外	令和2年1月から令和2年5月	59253	23	1	38
					12	1	38
7	令和2年度	泊地外	令和2年3月から令和2年7月	52747	23	1	28
					25	1	28
8	令和2年度	泊地外	令和2年7月から令和2年10月	38787	22	1	14
9	令和2年度	泊地外	令和2年11月から令和3年3月	58054	27	1	45
10	令和2年度	泊地外	令和2年12月から令和3年3月	42230	23	1	32
					12	1	32
11	令和2年度	泊地外	令和3年3月から令和3年9月	152866	23	1	35

グラブ浚渫船の規格、浚渫船名および浚渫船隻数、稼働日数が記されている。

グラブ浚渫船の一日の使用燃料については、国土交通省港湾局が発行している港湾請負工事積算基準より、グラブ浚渫船（普通地盤用）運転一日あたりの数量より算出した（表-2）。ただし、この基準で示されていない数量は内挿した。

CO₂排出量の算出はまず、工期内における燃料使用量を稼働日数と一日あたりの標準使用燃料より計算する（表-2）。次に、環境省が提示している温室効果ガス排出量・算定・公表・報告制度の中のA重油排出係数2.71 (tCO₂/KL)より、その値と工期内の燃料使用量を乗じることによって工期内のCO₂排出量を算出する。年間CO₂排出量は、工事名の年度表記をもとに計算した。

3. 結果および考察

グラブ浚渫船の稼働に伴う燃料からのCO₂排出量を工事毎に算出した結果、年間の排出量については工事数が

表-3 各浚渫工事の機械稼働による工事および年度CO₂排出量。

	工事年度	各工事CO ₂ 排出量	年度CO ₂ 排出量
		tCO ₂	tCO ₂
1	平成29年度	197	423
2	平成29年度	225	
3	平成30年度	117	266
4	平成30年度	149	
5	令和元年度	171	613
6	令和元年度	277	
		165	
7	令和2年度	204	1522
		218	
8	令和2年度	99	
9	令和2年度	373	
10	令和2年度	233	
		139	
11	令和2年度	255	

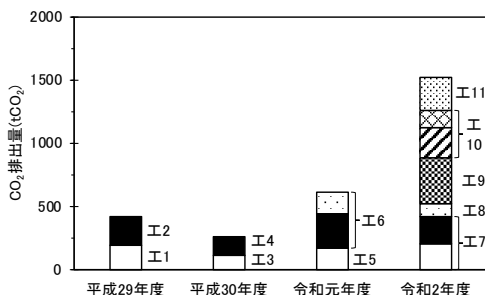


図-1 浚渫工の機械稼働によるCO₂排出量。

多かった令和2年度が最も大きくなった（表-3、図-1）。そのCO₂排出量は1年間で1,522 (tCO₂)となり、名古屋港における港湾の物流を支える荷役機械や照明など物流を支える2019年あるいは2020年の活動から求めた年間値⁷⁾の1.0%であることがわかる。

前川ら（2011）⁵⁾、林ら（2013）⁶⁾は港湾浚渫土量49,310 (m³)、浚渫期間20日の工事において、浚渫船の船団構成や作業時間等を変更しながら機械減耗と機械稼働による浚渫工のCO₂排出量を算定した。この計算からグラブ浚渫工は400から500 (tCO₂)程度であり、このうち機械稼働による排出量が40%程度であるため、160から200 (tCO₂)が燃料燃焼によるCO₂排出量と推測できる。本手法により推定したCO₂排出量は、一工事あたり平均202 (tCO₂)、最低99 (tCO₂)、最大373 (tCO₂)であるため、同程度の値が推定できていることになる。工事6と工事9のように、浚渫する土量がほぼ同じであっても、工事で用いる隻数を増やすことで、稼働日数は少なくなるが工事全体の排出CO₂量は増加することがある。一方、工事2と工事7、工事8と工事10のように、ほぼ同量の浚渫作業において、隻数が増えても稼働日数は低下しない工事もあった。その際には、隻数を多くした工事の方が3倍以上の排出量である工事もあり、工事場所や天候などもCO₂排出量に大きく作用していることも推測される。

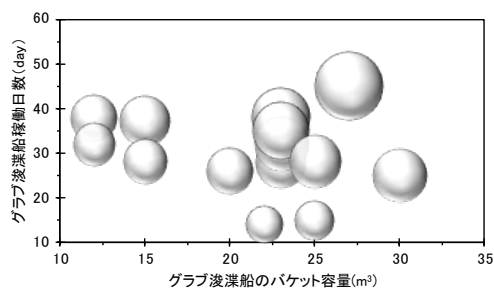


図-2 グラブ浚渫船のバケット容量と船稼働日数との関係
図内の球の大きさは各工事のCO₂排出量を表す。

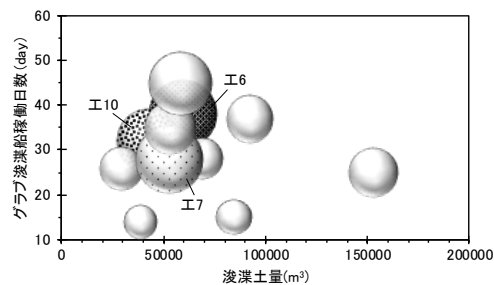


図-3 浚渫土量とグラブ浚渫船稼働日数との関係
図内の球の大きさは各工事のCO₂排出量を表す。

図-2はグラブ浚渫船のバケットの容量と船稼働日数との関係上に、CO₂排出量を球の大きさを示している。これによると、稼働日数が少なくなるほど、CO₂排出量が小さくなることは明確である。しかし、グラブ浚渫船のバケット容量については、稼働日に比べCO₂排出量に対する影響は大きくない。例えば、工事2と工事11のように、グラブ容量が30 (m³)であっても稼働日数が12日短くなると、バケット容量が7 (m³)小さな船よりもCO₂排出量が小さくなる。また、工事2と工事9のように、バケット容量が3 (m³)小さくても稼働日数が20日増えることでCO₂排出量は1.7倍になることもある。

図-3は各工事における浚渫土量とグラブ浚渫船稼働日数の関係上に、CO₂排出量を球の大きさを示している。この図では、浚渫船2隻を用いた工事6, 7, 10はCO₂排出量を足し合わせ、球の表面にパターンをつけて表示している。これによると、浚渫土量が大きくなって必ずしもCO₂排出量が大きくならないことを示している。むしろ、稼働日数によりCO₂排出量が多くなる傾向にあることや、浚渫船隻数を増やすとCO₂排出量が増加することが見て取れる。以上のことから、今後の港湾浚渫工事におけるCO₂排出量の削減を考える場合には、工事に関わる船の累積稼働日数を減らすことを重点的に考えた方がよいと思われる。そのためには、工期管理の見直しなどを行う必要があるが、今回の結果は天候や現場状況などを加味していないため、今後はこれらの諸条件を考慮した上で、CO₂削減対策についての検討を行うことが求められる。

4. 結論

本研究では名古屋港を対象に、港湾工事における浚渫工のグラブ浚渫船の機械稼働によるCO₂排出量を、工事概要にあるグラブ船規格、稼働日数などから算定しその結果の検討をおこなった。

その結果、名古屋港における近年のグラブ浚渫工機械稼働のCO₂排出量は一工事あたり平均202 (tCO₂)であり、年間では工事数によって大きく異なるが、最大で1522 (tCO₂)となることがわかった。これは、港湾の物流を支える活動の1.0%であった。それぞれの工事からのCO₂排出量を検討したところ、グラブ浚渫船のグラブ容量によるCO₂排出量の差に比べ、稼働日数の方が工事あたりのCO₂排出量に影響を与えることが考えられた。また、浚渫土量よりも稼働日数や浚渫隻数を考慮することがCO₂排出量の削減対策には有効であることも示唆された。ただ、浚渫を行う現場の状況や天候などにより、工事状況

が大きく異なることが想定されるため、各工事の条件及び作業実態を考慮した上での考察が今後は望まれる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、国土交通省中部地方整備局港湾空港部、名古屋港管理組合担当者の方には資料の提供及び研究助言などをいただいた。また、本研究の一部は、豊橋技術科学大学 高専連 携教育研究プロジェクト・研究連携ネットワーク構築支援プロジェクトとして実施した。

参考文献

- 1) 経済産業省：2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略，2021。[Ministry of Economy, Trade and Industry: Green Growth Strategy Through Achieving Carbon Neutrality in 2050, 2021.]
- 2) 国土交通省 港湾局：「カーボンニュートラルポート（CNP）形成計画」策定マニュアル，2021。[Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism: The manual of “Carbon Neutral Port Keisei Keikaku”, 2021.]
- 3) 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：港湾工事における二酸化炭素排出量算定ガイドライン（発注段階編），2022。[The guideline of Kouwan Kojiniokeru Nisankatansohaisuturuyousantei, 2022.]
- 4) 米倉博志，鈴木道哉，江渡正満：土木工事二酸化炭素排出量評価システムの開発と実用化，第33回環境システム研究論文発表会講演集，pp. 185-189，2005。[Yonekura, H. Suzuki, M. and Eto M.: Development of CO2 emission estimation software for civil engineering works, *Proceeding of Annual Meeting of Environmental Systems Research*, pp. 185-189, 2005.]
- 5) 前川直紀，林友弥，鈴木武，菅野甚活：港湾施設整備に起因する二酸化炭素排出量推計の事例分析，国土技術政策総合研究所資料，651号，pp. 1-20，2011。[Mackawa, N., Hayashi, T., Suzuki, T. and Sugeno, J.: Life cycle analysis on CO2 emission ascribed to constructing two types of port facility, *Technical Note of NILIM*, 651, pp. 1-20, 2011.]
- 6) 林友弥，鈴木武，工藤英輝：港湾整備事業による二酸化炭素排出量の全国推計，土木学会論文集B3（海洋開発），69(2)，pp. 586-591，2013。[Hayashi, T., Suzuki, T. and Kudo, H.: Estimation of total CO2 emission of Japan caused by port construction, *Journal of Japan Society of Civil Engineering, Ser. B3 (Ocean Engineering)*, 69, pp. 586-591, 2013.]
- 7) 名古屋港CNP検討会：名古屋港CNP形成基本構想，2022。[Nagoya Port CNP Kentokai: *Nagoya Port CNP Keisei Kihon Koso*, 2022.]
- 8) 林友弥：港湾整備事業における二酸化炭素排出量の推計について，平成23年度国土交通省国土技術研究会，2011。参考 url: <https://www.mlit.go.jp/chosahokoku/h23giken/program/kadai/pdf/ippan/ippan3-02.pdf>（閲覧日：2022年8月20日）

(Received August 22, 2022)

(Accepted November 1, 2022)

ESTIMATION OF CO₂ EMISSION FROM DREDGING OPERATION IN PORT AREA

Yoshitaka MATSUMOTO, Masato TAKEDA, Haruhiko SUMINO
and Makoto ICHITUBO

Hydrogen and ammonia fuels try to utilize as alternative energy to fossil fuels in the port area because the Japanese government furthers the goal of a "Carbon Neutral Port, CNP" in these areas. The first step of CNP is the estimation of CO₂ emissions from several sections in the port area, but the CO₂ emission data from the construction operations are limited. This research aims to estimate the CO₂ emission of the dredging operation in the port area, which is one of the primary port management operations. The operation data, construction period, grab ship size, operation days, number of ships for operation and others, conducted CO₂ emissions from the dredging grab ships during four years in Nagoya Port. The average annual CO₂ emission of the dredging operation is 706 (tCO₂), and the average CO₂ emission from each operational period is 202 (tCO₂). The operation days and number of ships increase the CO₂ emission of each operation.