

横浜港新本牧ふ頭地区公有水面埋立事業
環境影響評価準備書に関する補足資料

平成30年8月23日

国土交通省関東地方整備局
横 浜 市

補足資料 5

【指摘事項】

作業船からの SOx、NOx、SPM 排出量の類推方法について

【補足説明】

作業船からの排出量は、船舶の種類に応じて「窒素酸化物総量規制マニュアル(以下、文献1)」および「浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル(以下、文献2)」ならびに「道路環境影響評価の技術手法(以下、文献3)」を用いて算出しています。

作業船(建設機械含む)別の計算手法をとりまとめたものを表-2に、具体例を以下に示します。

ア) サンドコンパクション船の場合

サンドコンパクション船の場合、作業船自体は航行動力を持っておらず、船腹に搭載した重油を燃料とした機関で搭載機器を稼働させます。

ここで、文献1および文献2において、船舶に搭載される機関の一般的な用途が示されており、停泊中(作業中)に使用される補機ディーゼル機関の用途として、「搭載機器動力」と示されています。(表-1)

したがって、排出量の算定にあたっては、当該文献1-(1)および文献2-(1)に示される「一般船舶に係る排出量」のうち停泊中の算出式を準用できると考え、これに基づいて算出しています。

表-1 船舶に搭載される機関の一般的な用途

		機関の種類	停泊中の用途	入出港時及び航行中の用途	
ディーゼル主機船	タンカー以外	主機ディーゼル機関	(停止)	航行動力	
		補機ディーゼル機関	荷役動力、搭載機器動力(積荷冷凍・冷却・加温、コンプレッサー等の動力)、厨房・照明等一般電源	搭載機器動力、厨房・照明等一般電源	
	補助ボイラ	3,000総トン以上	積荷加温、暖冷房、厨房等一般まかない	積荷加温、暖冷房、厨房等一般まかない	
		3,000総トン未満	(搭載しない場合が多い)	(搭載しない場合が多い)	
	3,000総トン以上	主機ディーゼル機関	(停止)	航行動力	
		補機ディーゼル機関	荷役動力、搭載機器動力、厨房・照明等一般電源	搭載機器動力、厨房・照明等一般電源	
補助ボイラ		荷役動力、積荷加温、暖冷房、厨房等一般まかない	積荷加温、暖冷房、厨房等一般まかない		
3,000総トン未満	主機ディーゼル機関	(停止)	航行動力		
	補機ディーゼル機関	荷役動力、搭載機器動力、厨房・照明等一般電源	搭載機器動力、厨房・照明等一般電源		
	補助ボイラ	積荷加温	積荷加温		
タンカー	タンカー以外	主ボイラ	荷役動力、発電用動力、積荷加温、暖冷房、厨房等一般まかない	航行動力、発電用動力、積荷加温、暖冷房、厨房等一般まかない	
		補機ディーゼル機関	(搭載しない場合が多い)	(搭載しない場合が多い)	
		補助ボイラ	3,000総トン以上	(搭載しない場合が多い)	(搭載しない場合が多い)
			3,000総トン未満	(搭載なし)	(搭載なし)
	タンカー	主ボイラ	荷役動力、発電用動力、積荷加温、暖冷房、厨房等一般まかない	航行動力、発電用動力、積荷加温、暖冷房、厨房等一般まかない	
		補機ディーゼル機関	(搭載しない場合が多い)	(搭載しない場合が多い)	
補助ボイラ	3,000総トン以上	(搭載しない場合が多い)	(搭載しない場合が多い)		
	3,000総トン未満	(搭載なし)	(搭載なし)		

備考：港域外航中の船舶は、主機の廃熱ボイラを利用し、補助ボイラを停止する場合がある。

出典) 文献1, P155、文献2, P120

イ) 引船の場合

引船の場合、重油を燃料とした動力機関で稼働します。排出量の算定にあたっては、同文献 1-(1)～(2)および文献 2-(1)～(2)に示される「一般船舶に係る排出量」のうち、作業の状態に応じて、停泊中と航行時の算出式を使い分けて算出しています。

ウ) クレーン付台船の場合

クレーン付台船の場合、航行動力を持たない台船上に、軽油を燃料としたクレーン車が搭載され稼働します。このため、陸上建設機械の算出方法と同様となることから、文献 3-(1)、3-(2)に基づいて算出しています。

【添付資料】

文献 1：「窒素酸化物総量規制マニュアル〔新版〕」(NO_x、SO_x)【p. 4、5 参照】

文献 2：「浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル」(SPM)【p. 6、7 参照】

文献 3：「道路環境影響評価の技術手法（平成 24 年度版）」(NO_x、SO_x^{*}、SPM)
【p. 8、9 参照】

※SO_x は燃料消費量に硫黄分を考慮し算定

表-2 作業船および建設機械別の計算手法

名称	規格	計算手法 ^{注1}	燃料種類
サンドコンパクション船	3連装 55m	I, II	重油 A
	60m 級	I, II	重油 A
深層混合処理船	水面下 65m 5.7m ²	I, II	重油 A
サンドドレーン船	12連装 DE (6連装)	I, II	重油 A
ペーパードレーン施工機	40m~50m 級	III	軽油
ガット船	グラブ 3.0m ³ 850m ³ 積	I, II	重油 A
ガットバージ	1,000m ³ 積・グラブ 3m ³	I, II	重油 A
揚土船(リクレーマ船)	鋼 DE3, 200PS 型	I, II	重油 A
起重機船	鋼 D150t 吊	I, II	重油 A
	非航固定鋼 DE2, 200t 吊	I, II	重油 A
グラブ浚渫船	普通地盤・鋼 D23.0m ³ スパッド式	I, II	重油 A
固定式起重機船	1,400t 吊 DE	I, II	重油 A
旋回式起重機船	鋼 1,600t 吊 DE	I, II	重油 A
非航起重機船	鋼 D150t~700t 吊	I, II	重油 A
クレーン付台船	35~40t 吊	III	軽油
	150t 吊	III	軽油
捨石均し船	鋼 D1,000PS 型	I, II	重油 A
土運船(押航)	開閉式 鋼 1,300m ³ 積	—	—
台船	鋼 300t 積	—	—
	鋼 500t 積	—	—
	鋼 1,500t 積	—	—
引船	鋼 D300PS 型	I, II	重油 A
	鋼 D500PS 型	I, II	重油 A
	鋼 D700PS 型	I, II	重油 A
	鋼 D1,000PS 型	I, II	重油 A
	鋼 D1,500PS 型	I, II	重油 A
	鋼 D2,000PS 型	I, II	重油 A
押船	鋼 D3,000PS 型	I, II	重油 A
	鋼 D2,000PS 型	I, II	重油 A
揚錨船	鋼 D5t 吊	I, II	重油 A
	鋼 D15t 吊	I, II	重油 A
	鋼 D20t 吊	I, II	重油 A
	鋼 D25t 吊	I, II	重油 A
	鋼 D30t 吊	I, II	重油 A
潜水土船 ^{注2}	D180PS 型 3~5t 吊	III	軽油
バックホウ	クローラ型山積 0.8m ³	III	軽油
クローラクレーン	35t 吊	III	軽油
ラフテレーンクレーン	25t 吊	III	軽油
シート敷設機	23m 型	I, II	重油 A
ブルドーザ	15t 級	III	軽油
ブルドーザ(排対1次)	湿地 16t 級	III	軽油
ダンプトラック	10 t 積	III	軽油
コンクリートポンプ車	—	III	軽油
アジテータ車	—	III	軽油

注1: I = 「窒素酸化物総量規制マニュアル〔新版〕」
 II = 「浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル」
 III = 「道路環境影響評価の技術手法(平成24年度版)」

注2: 潜水土船は船外機で稼働

【添付資料 文献 1-(1)】窒素酸化物総量規制マニュアル p.157 (停泊中)

(3) 排出量等の算定、整理

以下、①及び②に、一般船舶に係る排出量の把握及び港内船舶に係る排出量の把握のための基礎となる算定式を示す。①に示す算定式は、一般船舶1隻当たりの排出量を算定する式であり、②に示す算定式は、港内船舶の船種ごとの排出量を算定する式である。このため、対象区域(航路、けい留場所、主運航海区別)における排出量(季(期)別、時間帯別等)を求めるに当たっては、当該期間に対象区域内に入港した船舶及び航行した船舶のすべてについて、一般船舶、港内船舶ごとに合計し、それぞれの航路、けい留場所、主運航海区別、搭載機関の稼働状況(季(期)別、時間帯別)を考慮し、それぞれの区分ごとの排出量を求めることとなる。このように求められた排出量を1時間当たりの量として求めるには、それぞれの区分に該当する時間数で除すことが必要である。

① 一般船舶に係る排出量の把握

以下の算定式に用いられる記号は次のとおりである。

- W：燃料使用量 (kg/隻)
- P：定格出力 (PS/基)
- N：窒素酸化物排出量 (m³N/隻)
- n：窒素酸化物排出係数 (kg/kg)
- S：硫黄酸化物排出量 (m³N/隻)
- s：燃料中の硫黄分 (重量%)

ここで、定格燃料消費量は、その船舶に搭載されている補助ボイラの合計又は主ボイラの定格燃料消費量であり、調査表等により調べた値を使用するのを原則とする。(定格燃料消費量の例は表2-3-19、燃料の比重の例については表2-3-22参照。)

定格出力は、その船舶に搭載されている主機及び補機ディーゼル機関の1基当たりの定格出力であり、調査表(表2-3-17)により調べた値を使用するのを原則とする。(定格出力の例は表2-3-18参照。)

ア. 停泊中

ディーゼル主機船の場合、停泊中に稼働する機関は、補機ディーゼル機関及び補助ボイラである。タービン主機船の場合、停泊中に稼働する機関は、主ボイラのみの場合が多い。

㉞ 補機ディーゼル機関

燃料使用量

$$W = 0.17 \cdot P^{0.98} \cdot (A_1^{0.98} \cdot T_1 \cdot d_1 + A_2^{0.98} \cdot T_2 \cdot d_2)$$

窒素酸化物排出量

$$N = 1.49 \cdot P^{1.14} \cdot (A_1^{1.14} \cdot T_1 \cdot d_1 + A_2^{1.14} \cdot T_2 \cdot d_2) \cdot 10^{-3}$$

硫黄酸化物排出量

$$S = W \cdot s \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{22.4}{32}$$

A₁：荷役時の負荷率

A₂：非荷役時の負荷率

T₁：荷役時間(時)

T₂：非荷役時間(時)

d₁：荷役時の稼働機関数(基)

【添付資料 文献 1-(2)】窒素酸化物総量規制マニュアル p.159 (航行時)

$$S = W \cdot s \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{22.4}{32}$$

A_i : 運転モード別の負荷率

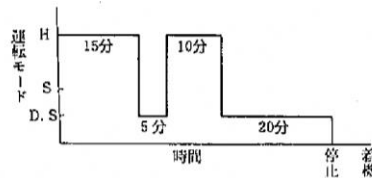
T_i : 運転モード別の運転時間 (時)

表 2-3-23 主機ディーゼル機関の運転モード別の負荷率

運 転 モ ー ド	負 荷 率
F (フ ル)	0.80
S.F (スタンバイフル)	0.52
H (F ハ ー フ)	0.32
S (ス ロ ー)	0.17
D.S (デッドスロー)	0.09

(参 考)

運転パターンの例 (タグボート使用による入港の場合)



船舶は、入港、出港する際に、それぞれの運転パターンで航行するので、入・出港別、航路別、タグボート使用の有無別の運転パターンを訪船調査等により求める。

運転モード別の負荷率は、訪船調査等により求めた値を使用するのを原則とする。(運転モード別の負荷率の例は、表 2-3-23参照。)

運転モード別の運転時間は、訪船調査等により求めた値を使用する。

なお、運転パターン、運転モード等の調査が困難な場合には、けい留場所から主航路までの航行時間及びその際の主機ディーゼル機関の平均的負荷率を使用して算出してもよい。

④ 補機ディーゼル機関

燃料使用量

$$W = 0.17 \cdot (P \cdot A)^{0.98} \cdot T \cdot d$$

窒素酸化物排出量

$$N = 1.49 \cdot (P \cdot A)^{1.14} \cdot T \cdot d \cdot 10^{-3}$$

硫黄酸化物排出量

$$S = W \cdot s \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{22.4}{32}$$

A : 負荷率

T : 航行時間 (時)

【添付資料 文献 2-(1)】浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル p.122 (停泊中)

(3)排出量等の算定、整理

以下、a 及び b に、一般船舶に係る排出量の把握及び港内船舶に係る排出量の把握のための基礎となる算定式を示す。a に示す算定式は、一般船舶 1 隻当たりの排出量を算定する式であり、b に示す算定式は、港内船舶の船種ごとの排出量を算定する式である。

このため、対象区域（航路、けい留場所、主運航海区別）における排出量〔季（期）別、時間帯別〕等を求めるに当たっては、当該機関に対象区域内に入港した船舶及び航行した船舶のすべてについて、一般船舶、港内船舶ごとに合計し、それぞれの航路、けい留場所、主運航海区の別、とう載機関の稼働状況〔季（期）別、時間帯別〕を考慮し、それぞれの区分ごとの排出量を求めることとなる。このように求められた排出量を 1 時間当たりの量として求めるには、それぞれの区分に該当する時間数で除すことが必要である。

a. 一般船舶に係る排出量の把握

式中で使用される記号は、次のように定義する。

W：燃料使用量 (kg/隻)

P：定格出力 (PS/基)

D：粒子状物質排出量 (kg/隻)

d：粒子状物質排出係数 (g/kg)

補機ディーゼル：2～3 g/kg
補助ボイラー：3～4 g/kg という事例がある。

(a)けい留時の排出量算定式

①補機ディーゼル機関

・燃料使用量 (kg/隻)

$$W = 0.2 \cdot P \cdot (A_1 \cdot T_1 \cdot m_1 + A_2 \cdot T_2 \cdot m_2)$$

・粒子状物質排出量 (kg/隻)

$$D = W \cdot d \cdot 10^{-3}$$

A₁：荷役時の負荷率

A₂：非荷役時の負荷率

T₁：荷役時間 (時)

T₂：非荷役時間 (時)

m₁：荷役時の稼働機関数 (基)

m₂：非荷役時の稼働機関数 (基)

②補助ボイラーまたは主ボイラー

・燃料使用量 (kg/隻)

$$W = P \cdot (A_1 \cdot T_1 + A_2 \cdot T_2)$$

・粒子状物質排出量 (kg/隻)

$$D = W \cdot d \cdot 10^{-3}$$

注) A₁, T₁等については、①と同じ意味である。

(b)港区内航行時の排出量算定式

①主機ディーゼル機関

・燃料使用量 (kg/隻)

$$W = 0.18 \cdot \Sigma P \cdot A_i \cdot T_i$$

・粒子状物質排出量 (kg/隻)

$$D = W \cdot d \cdot 10^{-3}$$

A_i：運転モード別の負荷率

T_i：運転モード別の運転時間 (時)

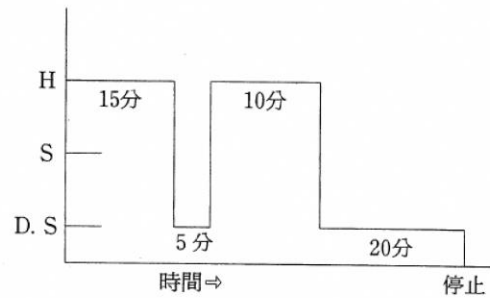
【添付資料 文献 2-(2)】 浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル p.123 (航行時)

表3-1-4(7) 航行モードと主機負荷率

運 転 モ ー ド	負 荷 率
F (フル)	0.80
S.F (スタンバイフル)	0.52
H (ハーフ)	0.32
S (スロー)	0.17
D.S (デッドスロー)	0.09

〔運転パターンの図 (例)〕

(タグボート使用による入港の場合)



②補機ディーゼル機関

- ・燃料使用量 (kg/隻)

$$W = 0.2 \cdot P \cdot A \cdot T \cdot m$$

- ・粒子状物質排出量 (kg/隻)

$$D = W \cdot d \cdot 10^{-3}$$

A: 負荷率

T: 航行時間 (時)

m: 稼動機関数 (基)

③補助ボイラーまたは主ボイラー

- ・燃料使用量 (kg/隻)

$$W = F \cdot A \cdot T$$

- ・粒子状物質排出量 (kg/隻)

$$D = W \cdot d \cdot 10^{-3}$$

F: 定格燃料消費量 (kg/時)

ここで、負荷率は入出港時の平均的負荷率であり、補助ボイラーの場合、訪船調査等により求めた値を使用するのを原則とする(負荷率の例は表3-1-4(7)参照)。また、主ボイラーの場合、入・出港別、航路別、タグボート使用の有無別の負荷率を訪船調査等により求める。

(c)港湾区域外航行中

計算対象区域内の沖合を航行する船舶(通過船舶及び寄港船舶)から排出されるばい煙の量を求める。算定方式は、ディーゼル主機船、タービン主機船ともに入出港時の算定方式と同様であるが、負荷率、航行時間等は異なった値であるので実態調査等により求めた値を使用する。なお、航行船舶の船種、総トン数、隻数等についての実態把握が困難な場合には、海上保安部等の資料を参考に推計する。

b. 港内船舶に係る排出量の把握

港内船舶にとう載されている機関は、すべてディーゼル機関であるとし、年間のばい煙排出量は、船種別に次の算定式により求める。

- ・燃料使用量 (kg/隻)

$$W = F \cdot A \cdot T$$

- ・粒子状物質排出量 (kg/隻)

$$D = W \cdot d \cdot 10^{-3}$$

F: 定格燃料消費量 (kg/時)

【添付資料 文献 3-(1)】道路環境影響評価の技術手法（平成 24 年度版）p. 2-5-19
 (NOx の排出量)

1) NOx の排出係数

ユニットからの NOx の排出係数 E_{NOx} は、次式で求めることができる。⁸⁾

$$E_{NOx} = \Sigma (Q_i \times h_i) \dots\dots\dots (\text{解説 2.5.1})$$

ここで、 E_{NOx} : ユニットからの NOx の排出係数 (g/ユニット/日)

さらに、建設機械 i の排出係数原単位 Q_i (g/h) は、次式より求める。

$$Q_i = (\bar{P}_i \times \overline{NO_x}) \times f_r / \bar{f}$$

$$= (\underline{P_i \times \overline{NO_x}}) \times B_r / b \dots\dots\dots (\text{解説 2.5.2})$$

- ここで、 P_i : 定格出力 (kW)
 \bar{P}_i : ISO-C1 モードにおける平均出力 (kW)
 $\overline{NO_x}$: 窒素酸化物のエンジン排出係数原単位
 (g/kW・h ISO-C1 モードによる正味の排出係数原単位)
 f_r : 実際の作業における燃料消費量 (g/h)
 \bar{f} : ISO-C1 モードにおける平均燃料消費量 (g/h)
 B_r : $(= f_r / P_i)$ (g/kW・h)
 国土交通省土木工事積算基準（原動機燃料消費量/1.2）を参照。
 b : ISO-C1 モードにおける平均燃料消費率 $(= \bar{f} / \bar{P}_i)$ (g/kW・h)

また、定格出力別の窒素酸化物のエンジン排出係数原単位 $\overline{NO_x}$ (g/kW・h) は、表-2.5.8 のとおりとする。

表-2.5.8 定格出力別の窒素酸化物のエンジン排出係数原単位 $\overline{NO_x}$

定格出力	二次排出ガス対策型	一次排出ガス対策型	排出ガス未対策型
～ 15 kW	5.3 g/kW・h	5.3 g/kW・h	6.7 g/kW・h
15 ～ 30 kW	5.8 g/kW・h	6.1 g/kW・h	9.0 g/kW・h
30 ～ 60 kW	6.1 g/kW・h	7.8 g/kW・h	13.5 g/kW・h
60 ～ 120 kW	5.4 g/kW・h	8.0 g/kW・h	13.9 g/kW・h
120 kW ～	5.3 g/kW・h	7.8 g/kW・h	14.0 g/kW・h

排出ガス対策型建設機械に搭載された機関において、代表的な ISO-C1 モードにおける平均燃料消費率 b は、表-2.5.9 のとおりである。（排出ガス未対策型は一次排出ガス対策型と同等と見なす）

ここで、排出ガス対策型建設機械とは、国土交通省「排出ガス対策型建設機械指定要領」に基づき、作業環境の改善と大気環境の保全を目的として、建設機械の排出ガス基準値を定め、この基準値を満足する排出ガス対策型エンジンを搭載した建設機械のことである。

【添付資料 文献 3-(2)】道路環境影響評価の技術手法（平成 24 年度版）p. 2-5-20
（SPM の排出量）

表-2.5.9 ISO-C1 モードにおける平均燃料消費率(b)

定格出力	二次排出ガス対策型	一次排出ガス対策型 排出ガス未対策型
～ 15 kW	285 g/kW・h	296 g/kW・h
15 ～ 30 kW	265 g/kW・h	279 g/kW・h
30 ～ 60 kW	238 g/kW・h	244 g/kW・h
60 ～ 120 kW	234 g/kW・h	239 g/kW・h
120 kW ～	229 g/kW・h	237 g/kW・h

2) SPMの排出係数

ユニットからの SPM の排出係数 E_{SPM} (g/ユニット/日) は、次式で求めることができる。

$$E_{SPM} = \Sigma (Q_i \times h_i) \quad \dots\dots\dots \text{(解説2.5.3)}$$

$$Q_i = (P_i \times \overline{PM}) \times B_r / b$$

- ここで、 Q_i : 建設機械 i の排出係数原単位 (g/h)
 P_i : 建設機械 i の定格出力 1 時間の仕事量 (kW)
 \overline{PM} : 粒子状物質のエンジン排出係数原単位 (g/kW・h)
 B_r : $(=f_r / P_i)$ (g/kW・h)
 国土交通省土木工事積算基準（原動機燃料消費量/1.2）を参照。
 b : ISO-C1 モードにおける平均燃料消費率 $(=f / \overline{P_i})$ (g/kW・h)
 h_i : 建設機械 i の運転 1 日当たり標準運転時間 (h/日)
 (=年間標準運転時間/年間標準運転日数)

また、定格出力別の粒子状物質のエンジン排出係数原単位 \overline{PM} (g/kW・h) は、表-2.5.10 のとおりとする。

表-2.5.10 定格出力別の粒子状物質のエンジン排出係数原単位 \overline{PM}

定格出力	二次排出ガス対策型	一次排出ガス対策型	排出ガス未対策型
～ 15 kW	0.36 g/kW・h	0.53 g/kW・h	0.53 g/kW・h
15 ～ 30 kW	0.42 g/kW・h	0.54 g/kW・h	0.59 g/kW・h
30 ～ 60 kW	0.27 g/kW・h	0.50 g/kW・h	0.63 g/kW・h
60 ～ 120 kW	0.22 g/kW・h	0.34 g/kW・h	0.45 g/kW・h
120 kW ～	0.15 g/kW・h	0.31 g/kW・h	0.41 g/kW・h

3) ユニットの代表排気管高さ

ユニットの代表排気管高さの設定は、ユニットを構成する各建設機械の排気管の高さに各機械の 1 日当たりの排出量による重み付けを行って平均値を算出する。

$$\text{ユニットの代表排気管高さ} = \Sigma \left\{ \left(\begin{array}{l} \text{建設機械の} \\ \text{排気管の高さ} \end{array} \right) \times \frac{\text{建設機械の 1 日当りの NOx 排出量又は SPM 排出量}}{\text{ユニットの 1 日当りの NOx 排出量又は SPM 排出量}} \right\} \dots\dots\dots \text{(解説 2.5.4)}$$