

## 船舶に係る排出量

船舶に係る排出量については、「貨物船・旅客船等」、「漁船」、「プレジャーボート」の3つに区分して推計を行った。

## &lt;推計の対象範囲&gt;

推計対象とする範囲は「領海内」を航行する船舶からの排出を基本とした(図1参照)。ただし、海外との往来に用いられる外航船舶は、国内の港湾区域外の活動量の設定が困難なため、港湾区域内だけを推計対象とした。また、河川等を航行する船舶は現時点では十分な知見が得られていないため、推計の対象外とした。

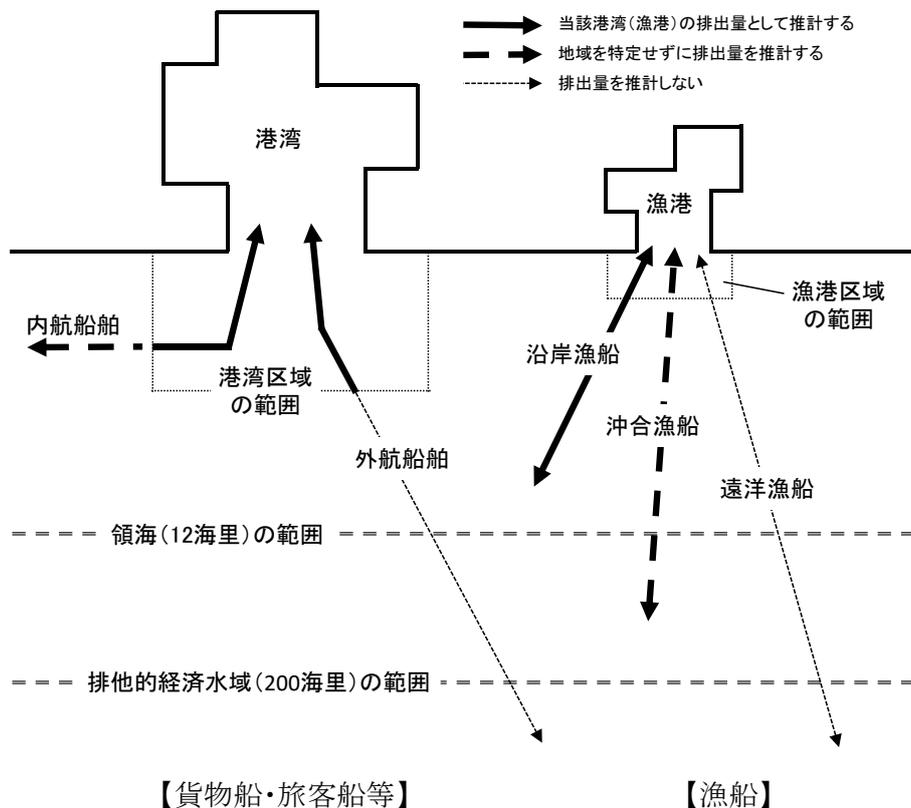


図1 船舶に係る排出量の推計の対象範囲

## I 貨物船・旅客船等

## 1. 届出外排出量と考えられる排出

貨物船・旅客船等は、航行時や停泊時に重油等の燃料を消費し、その排出ガス中に対象化学物質が含まれている。これらの排出は届出対象とはならないため、すべて届出外排出量である。

## 2. 推計を行う対象化学物質

貨物船・旅客船等に係る排出量として、欧州のインベントリー(EMEP/CORINAIR)が対象としているアセトアルデヒド(12)、エチルベンゼン(53)、キシレン(80)、トルエン(300)、1,3-ブタジエン(351)、ベンゼン(400)、ホルムアルデヒド(411)の7物質について推計を行った。

### 3. 推計方法

貨物船・旅客船等による燃料消費量(kg/年)を港湾ごとに推計し、Fourth IMO GHG Study(IMO, 2020)等の文献により示されている燃料消費量当たりの NMVOC 排出係数及び NMVOC 中の対象化学物質別構成比を乗じて排出量を推計した。港湾ごとの燃料消費量は、港湾統計年報等を用いて推定した入港船舶数(隻/年)に対し、平均総トン数と機関定格出力の関係式(表 1)から推定した機関定格出力、機関燃費(表 2 及び表 3)及び負荷率などを乗じて推計した。なお、平均停泊時間は船舶種類ごとの「平均停泊時間の差(図 2)」を考慮した。規模の小さな地方港湾については、経験式を使った手法によって燃料消費量を推計した。

また、内航船舶が港湾区域以外を航行しているときの燃料消費量は、別途把握できる全国の内航に係る船舶の燃料消費量から、港湾ごとに推計した燃料消費量を差し引いた値として設定した。この場合、燃料を消費した海域を特定することが困難なため、都道府県別の排出量は推計していない。

以上の結果をまとめ、図 3 に貨物船・旅客船等に係る排出量の推計フローを、表 4 及び表 5 に NMVOC 排出係数及び NMVOC 中の対象化学物質別構成比を示す。

表 1 船舶の平均総トン数\*との機関定格出力の関係式

No.	船種	主機	補機	補助ボイラー
1	外航貨物船	$kW = 11.4248 \times GT^{0.6523}$	$kW = 0.4578 \times GT^{0.875}$	$kW = 0.0267 \times GT^{0.48}$
2	外航コンテナ船	$kW = 0.8088 \times GT^{0.9888}$	$kW = 2.169 \times GT^{0.7428}$	
3	外航タンカー	$kW = 14.8418 \times GT^{0.6220}$	$kW = 18.327 \times GT^{0.4597}$	
4	外航旅客船	$kW = 61.3027 \times GT^{0.5224}$	$kW = 0.9252 \times GT^{0.8594}$	
5	その他(外航船)	$kW = 259.4544 \times GT^{0.355}$	$kW = 0.4578 \times GT^{0.875}$	
6	内航貨物船	$kW = 15.6546 \times GT^{0.6675}$	$kW = 0.4578 \times GT^{0.875}$	
7	内航タンカー	$kW = 12.7398 \times GT^{0.6898}$	$kW = 18.327 \times GT^{0.4597}$	
8	内航旅客船	$kW = 8.9858 \times GT^{0.8276}$	$kW = 0.9252 \times GT^{0.8594}$	
9	その他(内航船)	$kW = 259.4544 \times GT^{0.355}$	$kW = 0.4578 \times GT^{0.875}$	

出典：平成22年度規制海域設定による大気環境改善効果の算定事業報告書(海洋政策研究財団)、平成19年度船舶起源の粒子状物質(PM)の環境影響に関する調査研究報告書(海洋政策研究財団)、平成8年度船舶排出大気汚染物質削減手法検討調査(環境庁)

注：表中のkWは機関定格出力(kW)を、GTは平均総トン数(GT)\*をそれぞれ示す。

※：総トン数(GT: グロストン, Gross Tonnage)は船舶の内容積を示す単位であり、1トンは約2.83m<sup>3</sup>である。

表2 主機ディーゼルの船舶種類別・総トン数クラス別の機関燃費 (g-燃料/kWh)

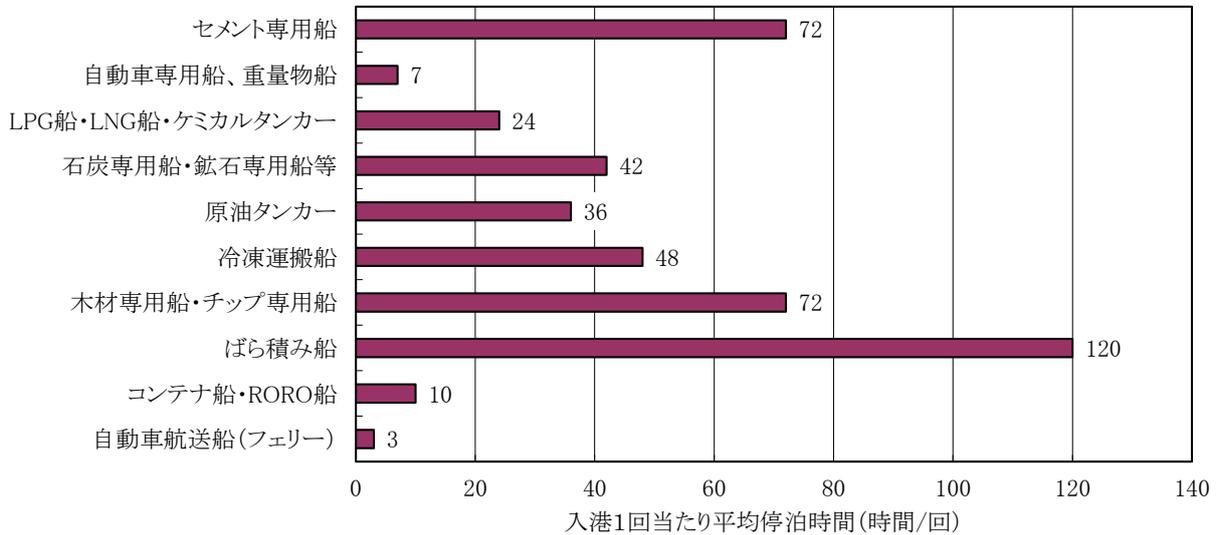
総トン数 クラス(GT)	貨物船 (外航/内航)	タンカー (外航/内航)	旅客船 (外航/内航)	その他 (外航/内航)	外航 コンテナ船
～500	205	205	195	205	195
～1,000					
～3,000					
～6,000					
～10,000	195	195	195	195	185
～30,000					
～60,000					
～100,000	185	185	185	185	175
100,000～					

出典:平成 22 年度規制海域設定による大気環境改善効果の算定事業報告書(海洋政策研究財団)

表3 補機ディーゼル及び補助ボイラーの機関燃費 (g-燃料/kWh)

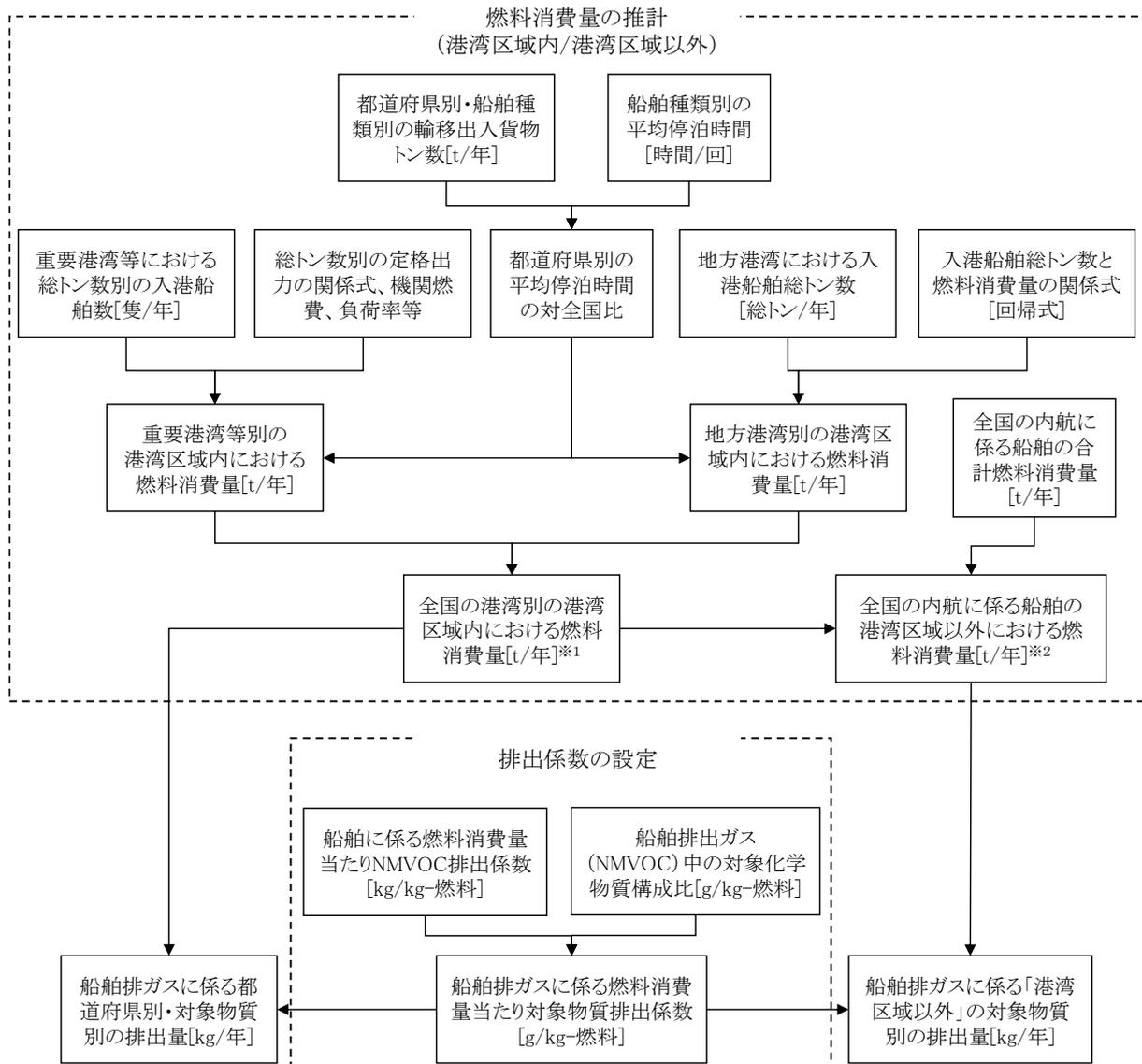
補機ディーゼル	補助ボイラー
195	340

出典:Fourth IMO GHG Study(IMO,2020)



出典:一般社団法人日本船主協会へのヒアリング(平成 15 年)、フェリー時刻表(各事業者のウェブサイト等)及び平成 8 年度船舶排出大気汚染物質削減手法検討調査(環境庁)に基づき作成

図2 船舶種類ごとの入港1回当たり平均停泊時間の設定値



注: 図中の「重要港湾等」は「国際戦略港湾」「国際拠点港湾」「重要港湾」を表す。

※1: 重要港湾等と地方港湾を合算してすべての港湾の燃料消費量となる。

※2: 全国の内航に係る燃料消費量から港湾区域内(内航のみ)を差し引いて港湾区域以外の燃料消費量とする。

図3 船舶(貨物船・旅客船等)に係る排出量の推計フロー

表4 船舶(貨物船・旅客船等)に係る NMVOC\*排出係数

推計区分		NMVOC 排出係数 (g/kg-燃料)	
		主機	補機及び補助ボイラー
港湾 区域内	外航	0.60(g/kWh)/船舶種類別・船舶総トン数クラス別の機関燃費(g-燃料/kWh)	0.60(g/kWh)/機関燃費(g-燃料/kWh)
	内航	0.50(g/kWh)/船舶種類別・船舶総トン数クラス別の機関燃費(g-燃料/kWh)	0.50(g/kWh)/機関燃費(g-燃料/kWh)
その他の場所 (港湾区域以外)	外航	(推計対象外)	
	内航	0.50(g/kWh)/185(g-燃料/kWh)	

出典: Fourth IMO GHG Study(IMO,2020)

※: NMVOC とは、メタンを除く揮発性有機化合物の意味である。

表 5 船舶(貨物船・旅客船等)に係る NMVOC 構成比

対象化学物質		NMVOC 構成比
管理 番号	物質名	
12	アセトアルデヒド	2.0%
53	エチルベンゼン	0.5%
80	キシレン	2.0%
300	トルエン	1.5%
351	1,3-ブタジエン	2.0%
400	ベンゼン	2.0%
411	ホルムアルデヒド	6.0%

出典:EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (EMEP/CORINAIR,2002)

#### 4. 推計結果

以上の方法に従って全国排出量を推計した結果を表 6、表 7 に示す。7 物質の合計では全国で約 1.7 千トンの排出量であり、そのうち港湾区域内における排出が約 55%を占めている。

表 6 船舶(貨物船・旅客船等)に係る対象化学物質別排出量の推計結果(港湾種別)(2024 年度:全国)

対象化学物質		年間排出量(kg/年)									
管理 番号	物質名	港湾区域内								その他の 場所	合計
		国際戦略港湾		国際拠点港湾		重要港湾		地方港湾			
		内航	外航	内航	外航	内航	外航	内航	外航	内航	
12	アセトアルデヒド	5,664	18,664	16,500	22,017	19,136	18,520	14,958	2,368	97,172	215,000
53	エチルベンゼン	1,416	4,666	4,125	5,504	4,784	4,630	3,739	592	24,293	53,750
80	キシレン	5,664	18,664	16,500	22,017	19,136	18,520	14,958	2,368	97,172	215,000
300	トルエン	4,248	13,998	12,375	16,513	14,352	13,890	11,218	1,776	72,879	161,250
351	1,3-ブタジエン	5,664	18,664	16,500	22,017	19,136	18,520	14,958	2,368	97,172	215,000
400	ベンゼン	5,664	18,664	16,500	22,017	19,136	18,520	14,958	2,368	97,172	215,000
411	ホルムアルデヒド	16,993	55,992	49,500	66,052	57,409	55,561	44,874	7,104	291,516	645,000
合 計		45,314	149,313	132,000	176,140	153,089	148,162	119,664	18,943	777,375	1,720,001

注 1:「その他の場所」における外航船舶からの排出は推計対象外である。

注 2: 港湾種類は港湾法に基づいた分類であり、それぞれ以下のとおりである。

国際戦略港湾:長距離の国際海上コンテナ運送に係る国際海上貨物輸送網の拠点となり、かつ、当該国際海上貨物輸送網と国内海上貨物輸送網とを結節する機能が高い港湾であって、その国際競争力の強化を重点的に図ることが必要な港湾として政令で定めるもの。

国際拠点港湾:国際戦略港湾以外であって、国際海上貨物輸送網の拠点となる港湾として政令で定めるもの。

重要港湾:国際戦略港湾及び国際拠点港湾以外であって、海上輸送網の拠点となる港湾その他の国の利害に重大な関係を有する港湾として政令で定めるもの。

地方港湾:国際戦略港湾、国際拠点港湾及び重要港湾以外の港湾。

表7 船舶(貨物船・旅客船等)に係る排出量推計結果(推計区分別)(2024年度:全国)

対象化学物質		全国の届出外排出量(kg/年)				
管理 番号	物質名	対象業種	非対象業種	家庭	移動体	合計
12	アセトアルデヒド				215,000	215,000
53	エチルベンゼン				53,750	53,750
80	キシレン				215,000	215,000
300	トルエン				161,250	161,250
351	1,3-ブタジエン				215,000	215,000
400	ベンゼン				215,000	215,000
411	ホルムアルデヒド				645,000	645,000
	合 計				1,720,001	1,720,001

## II 漁船

### 1. 届出外排出量と考えられる排出

漁船はディーゼルエンジンやガソリンエンジン(船外機)を搭載し、その燃料消費に伴う排出ガス中に対象化学物質が含まれている。これらの排出は届出対象とはならないため、すべて届出外排出量である。ただし、遠洋漁船(200 海里以遠)については、排他的経済水域の外の海域での操業が主と考えられるため、推計の対象外とした。

### 2. 推計を行う対象化学物質

ディーゼルエンジンの漁船については「I 貨物船・旅客船等」と同じアセトアルデヒド(12)、エチルベンゼン(53)、キシレン(80)、トルエン(300)、1,3-ブタジエン(351)、ベンゼン(400)、ホルムアルデヒド(411)の 7 物質、ガソリンエンジンの漁船は、最もエンジンが類似していると考えられる二輪車等と同様に、上記 7 物質にアクロレイン(10)、スチレン(240)、ベンズアルデヒド(399)、トリメチルベンゼン(691)の 4 物質を加えた 11 物質について推計を行った。

### 3. 推計方法

漁船による燃料消費量(kg/年)を推計し、EMEP/CORINAIR,2002 等の文献により示されている燃料消費量当たりの NMVOC 排出係数及び NMVOC 中の対象化学物質構成比を乗じて排出量を推計した。

漁船による全国の燃料消費量は、「漁業センサス」に記載された漁船の年間稼働日数(日/年)等に平均燃料消費率(g/時)を乗じて推計した。また、全国の燃料消費量の各都道府県への配分指標として「漁港港勢の概要」に記載された都道府県ごとの年間利用漁船隻数等を使用し、都道府県別の燃料消費量を推計した。ただし、沖合漁船(主たる操業区域が陸地から 12~200 海里の漁船)は、対象化学物質を排出する場所が漁港から離れた海域での操業が主と考えられることから、地域を特定せずに「その他の場所」として排出量を推計した。このように推計された燃料消費量に排出係数(表 8)を乗じて排出量を推計した。

以上の結果をまとめ、図 4 に船舶(漁船)に係る排出量の推計フローを示す。

表 8 船舶(漁船)に係る対象化学物質別の NMVOC 排出係数

対象化学物質		排出係数(g/t-燃料)	
管理番号	物質名	ガソリン	ディーゼル
10	アクロレイン	15	-
12	アセトアルデヒド	95	38
53	エチルベンゼン	1,054	10
80	キシレン	2,516	38
240	スチレン	612	-
300	トルエン	3,740	29
351	1,3-ブタジエン	119	38
399	ベンズアルデヒド	78	-
400	ベンゼン	1,156	38
411	ホルムアルデヒド	296	114
691	トリメチルベンゼン※	374	-

出典 1:NMVOC の排出係数は「船舶排ガスの地球環境への影響と防止技術の調査」(1999 年 3 月、日本財団)に基づき、以下のとおり設定した。

ガソリンエンジン: 34g/kg-燃料、ディーゼルエンジン:1.9g/kg-燃料

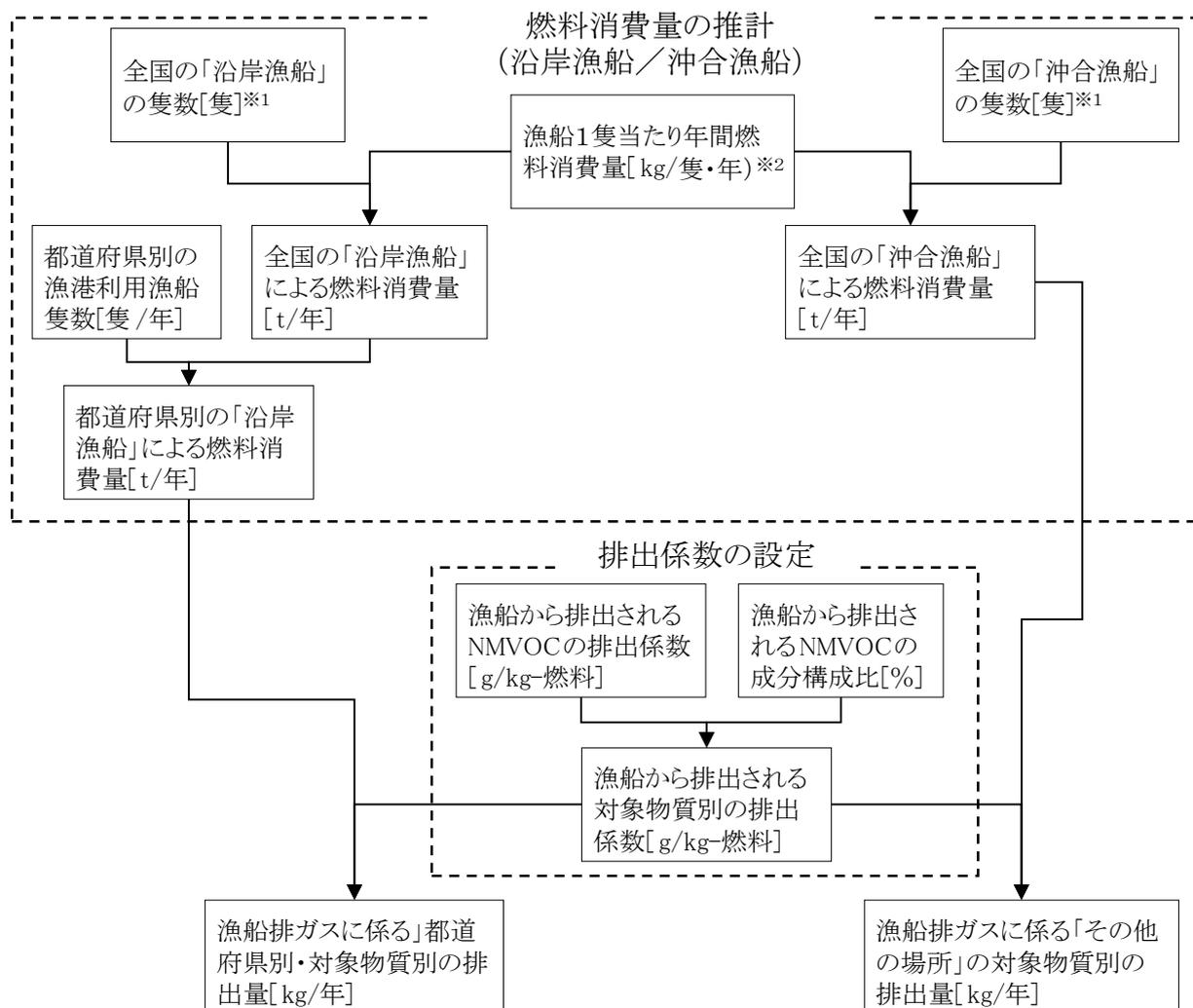
出典 2:NMVOC に対する対象化学物質の比率は、それぞれ以下のものに等しいと仮定した。

ガソリンエンジン: 二輪車(ホットスタート)の排出係数(環境省環境管理技術室調べ、2011 年度 自工会受託研究報告書)

ディーゼルエンジン:貨物船・旅客船等の排出係数「EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 3rd edition」(EMEP/CORINAIR, 2002)

注:船外機付き漁船(ガソリンエンジン)は通常は排気口が水中にあるため、公共用水域への排出とみなす(動力漁船(ディーゼル)は大気への排出)。

※:トリメチルベンゼン(691)は 1,3,5-トリメチルベンゼンの測定データを用いた。



※1:「沿岸漁船」とは主たる操業区域が陸地から12海里以内の漁船のことを指し、「沖合漁船」とは主たる操業区域が陸地から12～200海里の漁船のことを指す。

※2:漁船1隻が1年間に消費する燃料の数量は、既存調査の考え方を引用して推計した。

図4 船舶(漁船)に係る排出量の推計フロー

#### 4. 推計結果

以上の方法に従って全国排出量を推計した結果を表9、表10に示す。11物質の合計では全国で約1.4千トンの排出量であり、そのうち12海里以内を主たる操業水域とする漁船からの排出が約96%を占めている。

表9 船舶(漁船)に係る対象化学物質別排出量推計結果(漁船種別)(2024年度:全国)

対象化学物質		年間排出量(kg/年)				合計	(参考) 動力漁船 (ディーゼル) 200海里以遠
		船外機付き漁船 (ガソリン)	動力漁船 (ディーゼル)				
管理番号	物質名	12海里以内	12海里以内	12~200海里			
10	アクロレイン	1,858	—	—	1,858	—	
12	アセトアルデヒド	11,561	18,372	6,634	36,567	5,513	
53	エチルベンゼン	127,993	4,593	1,658	134,244	1,378	
80	キシレン	305,531	18,372	6,634	330,537	5,513	
240	スチレン	74,318	—	—	74,318	—	
300	トルエン	454,167	13,779	4,975	472,922	4,135	
351	1,3-ブタジエン	14,451	18,372	6,634	39,457	5,513	
399	ベンズアルデヒド	9,496	—	—	9,496	—	
400	ベンゼン	140,379	18,372	6,634	165,385	5,513	
411	ホルムアルデヒド	35,920	55,117	19,901	110,939	16,539	
691	トリメチルベンゼン	45,417	—	—	45,417	—	
合計		1,221,090	146,979	53,069	1,421,138	44,104	

注1:PRTR届出外排出量の推計対象は、主とする操業区域が200海里以内の漁船に限るため、200海里以遠の漁船に係る排出量は「参考」として示す。

注2:都道府県別排出量を推計するのは、主とする操業区域が12海里以内の漁船に限ることとし、12~200海里の漁船に係る排出量は「その他の場所」として都道府県を特定しないで排出量を推計した。

表10 船舶(漁船)に係る排出量推計結果(推計区分別)(2024年度:全国)

対象化学物質		全国の届出外排出量(kg/年)				
管理番号	物質名	対象業種	非対象業種	家庭	移動体	合計
10	アクロレイン				1,858	1,858
12	アセトアルデヒド				36,567	36,567
53	エチルベンゼン				134,244	134,244
80	キシレン				330,537	330,537
240	スチレン				74,318	74,318
300	トルエン				472,922	472,922
351	1,3-ブタジエン				39,457	39,457
399	ベンズアルデヒド				9,496	9,496
400	ベンゼン				165,385	165,385
411	ホルムアルデヒド				110,939	110,939
691	トリメチルベンゼン				45,417	45,417
合計					1,421,138	1,421,138

### Ⅲ プレジャーボート

#### 1. 届出外排出量と考えられる排出

プレジャーボートはディーゼルエンジンやガソリンエンジンを搭載し、その燃料消費に伴う排出ガス中に対象化学物質が含まれている。これらの排出は届出対象とはならないため、すべて届出外排出量である。プレジャーボートのうち、特殊小型船舶(大部分がいわゆる水上バイク)、プレジャーモーターボート、プレジャーヨットを排出量の推計対象とした。

#### 2. 推計を行う対象化学物質

プレジャーボートと最もエンジンが類似しているのは、ガソリンエンジンを搭載している場合では二輪車、ディーゼルエンジンを搭載している場合ではディーゼル特殊自動車と考えられる。そのため、これらの排出源と同様にアクロレイン(10)、アセトアルデヒド(12)、エチルベンゼン(53)、キシレン(80)、スチレン(240)、トルエン(300)、1,3-ブタジエン(351)、ベンズアルデヒド(399)、ベンゼン(400)、ホルムアルデヒド(411)、トリメチルベンゼン(691)の11物質について推計を行った。

#### 3. 推計方法

プレジャーボートの1隻当たりの実仕事量に在籍船数及び実仕事量当たりの排出係数を乗じて推計した。

プレジャーボートの在籍船数については、日本小型船舶検査機構の資料から把握することができる。また、都道府県別に稼働状況が異なることが考えられるため、全国のマリーナに対して、当該マリーナの保管隻数と燃料供給量を調査することにより、地域別の燃料消費量の差を推計し、仕事量を求めた。全国平均の仕事量の推計は米国環境保護庁(EPA)で採用されている方法を踏襲した。すなわち、平均定格出力、負荷率、稼働時間、経過年数による使用係数等から算出した。全炭化水素(Total Hydrocarbon。以下「THC」という。)排出係数<sup>\*</sup>についてもEPAのホームページ上に公表されているデータの中から、日本国内に流通しているメーカーのみを抽出して使用した。また、THC排出量に対する対象化学物質の比率は、ガソリンエンジンを搭載している場合には二輪車の数値を、ディーゼルエンジンはディーゼル特殊自動車の数値を採用した。

以上の推計フローを図5に示す。

<sup>\*</sup>: THC 排出係数は用途別・エンジン形式別・経過年数別に設定がなされているため、概要版では省略している(詳細版にはデータの一部とURLを記載)。

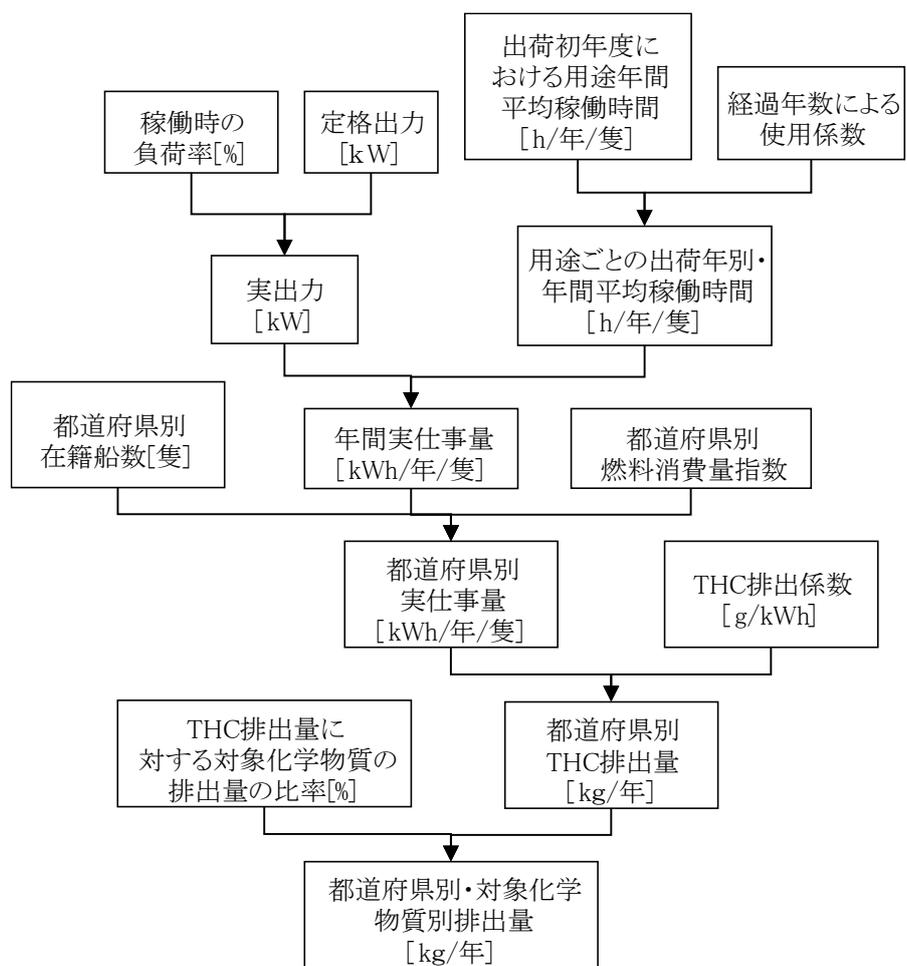


図 5 船舶(プレジャーボート)に係る排出量の推計フロー

#### 4. 推計結果

以上の方法に従って推計した全国排出量の結果を表 11、表 12 に示す。11 物質合計では全国で約 412 トンの排出量であった。

表 11 船舶(プレジャーボート)に係る船舶種類別排出量推計結果(船種別)(2024 年度:全国)

対象化学物質		年間排出量(kg/年)					合計
管理番号	物質名	特殊小型船舶	プレジャーモーターボート		プレジャーヨット		
			ガソリン	ディーゼル	ガソリン	ディーゼル	
10	アクロレイン	321	306	23	1.3	0.5	652
12	アセトアルデヒド	1,989	1,892	96	7.8	2.0	3,988
53	エチルベンゼン	22,169	21,087	13	87	0.3	43,356
80	キシレン	52,513	49,949	43	206	0.9	102,712
240	スチレン	12,440	11,833	14	49	0.3	24,335
300	トルエン	78,157	74,341	50	306	1.0	152,855
351	1,3-ブタジエン	2,494	2,372	23	9.8	0.5	4,899
399	ベンズアルデヒド	1,660	1,579	11	6.5	0.2	3,257
400	ベンゼン	24,356	23,167	60	95	1.2	47,680
411	ホルムアルデヒド	6,182	5,880	445	24	9.1	12,541
691	トリメチルベンゼン	8,034	7,642	12	31	0.2	15,720
合 計		210,316	200,049	792	823	16	411,997

表 12 船舶(プレジャーボート)に係る排出量推計結果(推計区分別)(2024 年度:全国)

対象化学物質		全国の届出外排出量(kg/年)				合計
管理番号	物質名	対象業種	非対象業種	家庭	移動体	
10	アクロレイン				652	652
12	アセトアルデヒド				3,988	3,988
53	エチルベンゼン				43,356	43,356
80	キシレン				102,712	102,712
240	スチレン				24,335	24,335
300	トルエン				152,855	152,855
351	1,3-ブタジエン				4,899	4,899
399	ベンズアルデヒド				3,257	3,257
400	ベンゼン				47,680	47,680
411	ホルムアルデヒド				12,541	12,541
691	トリメチルベンゼン				15,720	15,720
合 計					411,997	411,997