

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。

<推計の対象範囲>

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等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。

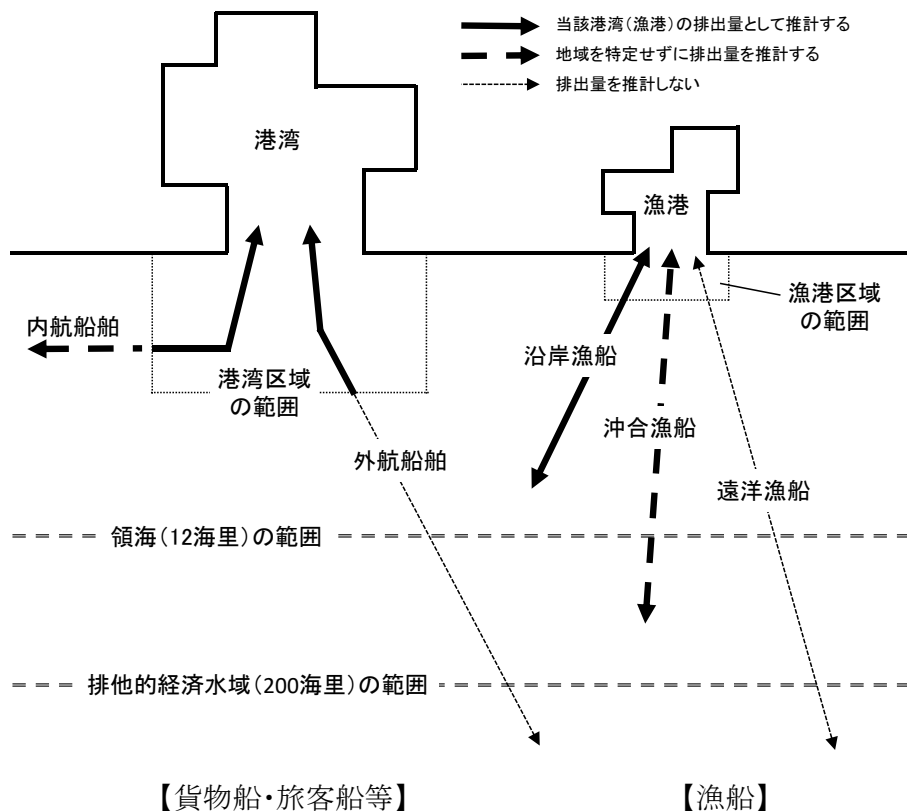


図1 船舶に係る排出量の推計範囲

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(物質番号: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

船舶による燃料消費量を港湾毎に推計し、Fourth IMO GHG Study(IMO, 2020)等の文献により示されている燃料消費量(kg/年)当たりの排出係数を乗じて排出量を推計した。ここで、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。ただし、船舶種類による「平均停泊時間の差(図2)」を考慮することにより、既存の調査結果の精度の向上を図った。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、港湾毎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)

※：総トン数(GT)は船舶の内容積を示す単位であり、1トンは約2.83m³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)

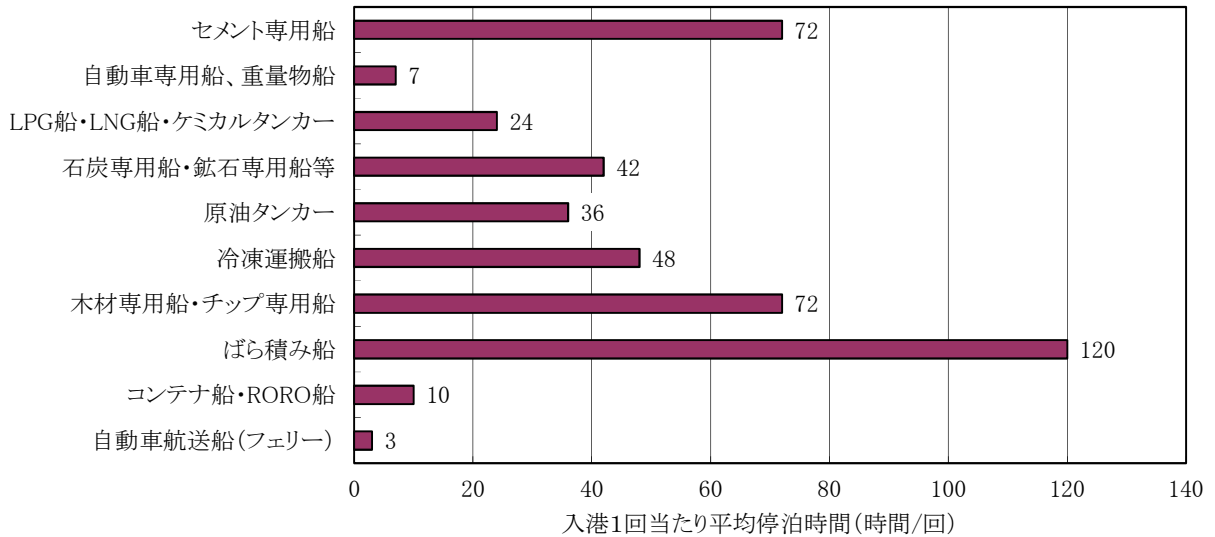
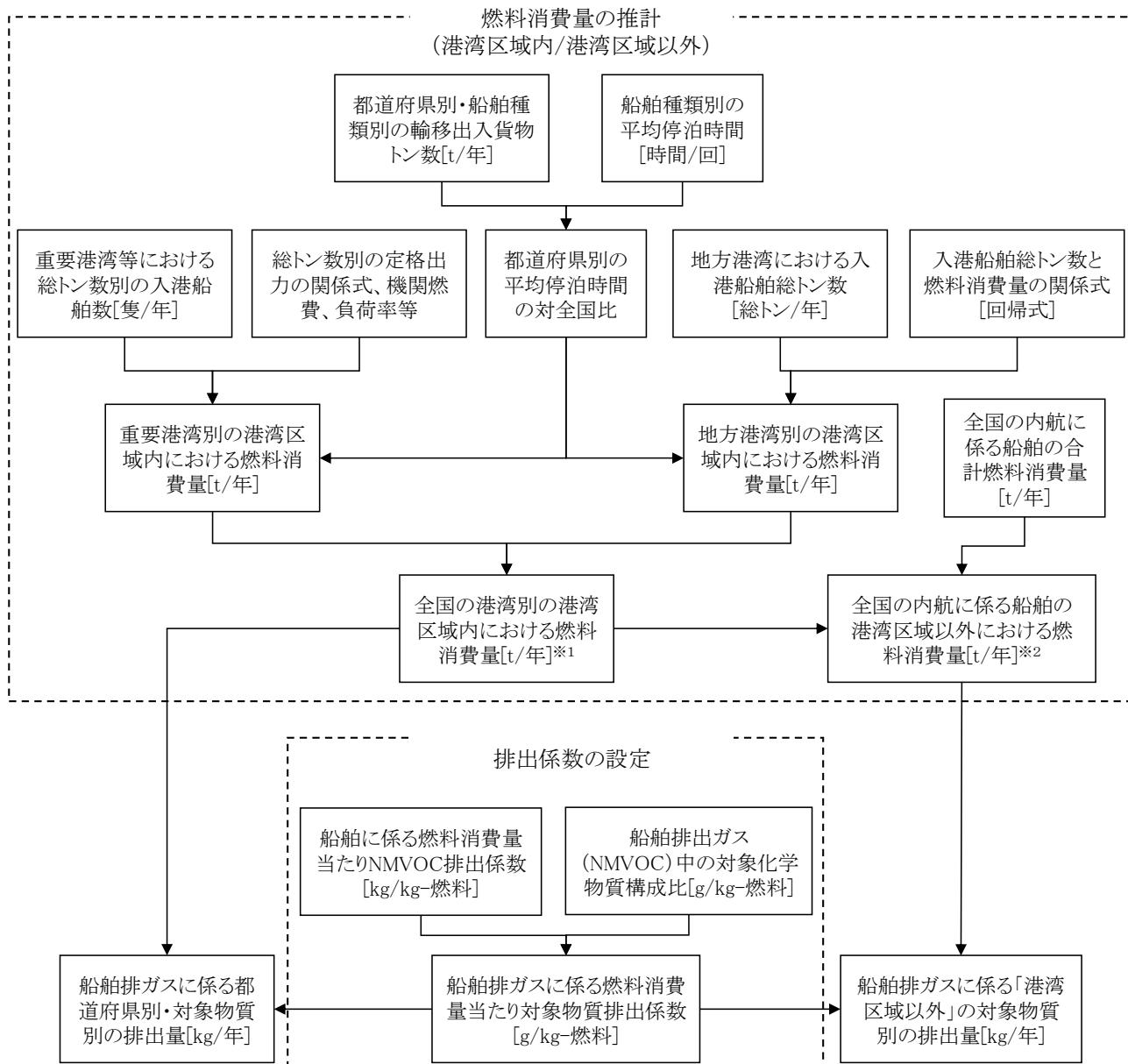


図2 船舶種類ごとの入港1回当たり平均停泊時間の設定値



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)	

※: NMVOC とは、メタンを除く揮発性有機化合物の意味である。

出典: Fourth IMO GHG Study(IMO,2020)

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
物質 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1.8千tの排出量であり、そのうち港湾区域内における排出が約56%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)
(令和元年度:全国)

対象化学物質		年間排出量(kg/年)									
物質 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	5,980	21,762	17,032	24,475	21,431	19,963	15,130	2,650	100,714	229,137
53	エチルベンゼン	1,495	5,441	4,258	6,119	5,358	4,991	3,783	662	25,178	57,284
80	キシレン	5,980	21,762	17,032	24,475	21,431	19,963	15,130	2,650	100,714	229,137
300	トルエン	4,485	16,322	12,774	18,356	16,074	14,972	11,348	1,987	75,535	171,853
351	1, 3-ブタジエン	5,980	21,762	17,032	24,475	21,431	19,963	15,130	2,650	100,714	229,137
400	ベンゼン	5,980	21,762	17,032	24,475	21,431	19,963	15,130	2,650	100,714	229,137
411	ホルムアルデヒド	17,941	65,286	51,096	73,425	64,294	59,888	45,391	7,949	302,141	687,412
合 計		47,843	174,097	136,255	195,799	171,451	159,702	121,042	21,198	805,710	1,833,098

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)(令和元年度:全国)

対象化学物質		全国の届出外排出量(kg/年)				
物質 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				229,137	229,137
53	エチルベンゼン				57,284	57,284
80	キシレン				229,137	229,137
300	トルエン				171,853	171,853
351	1,3-ブタジエン				229,137	229,137
400	ベンゼン				229,137	229,137
411	ホルムアルデヒド				687,412	687,412
合 計					1,833,098	1,833,098

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)、1,3,5-トリメチルベンゼン(297)、ベンズアルデヒド(399)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

漁船による年間の燃料消費量を推計し、EMEP/CORINAIR,2002等の文献値により示されている燃料消費量(kg/年)当たりの排出係数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利用漁船隻数(隻/年)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排出係数

対象化学物質		排出係数(g/t-燃料)	
物質 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	-
297	1, 3, 5-トリメチルベンゼン	374	-
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

注1:NMVOC としての排出係数は「船舶排ガスの地球環境への影響と防止技術の調査」(平成 11 年3月、日本財団)に基づき、以下のとおり設定した。

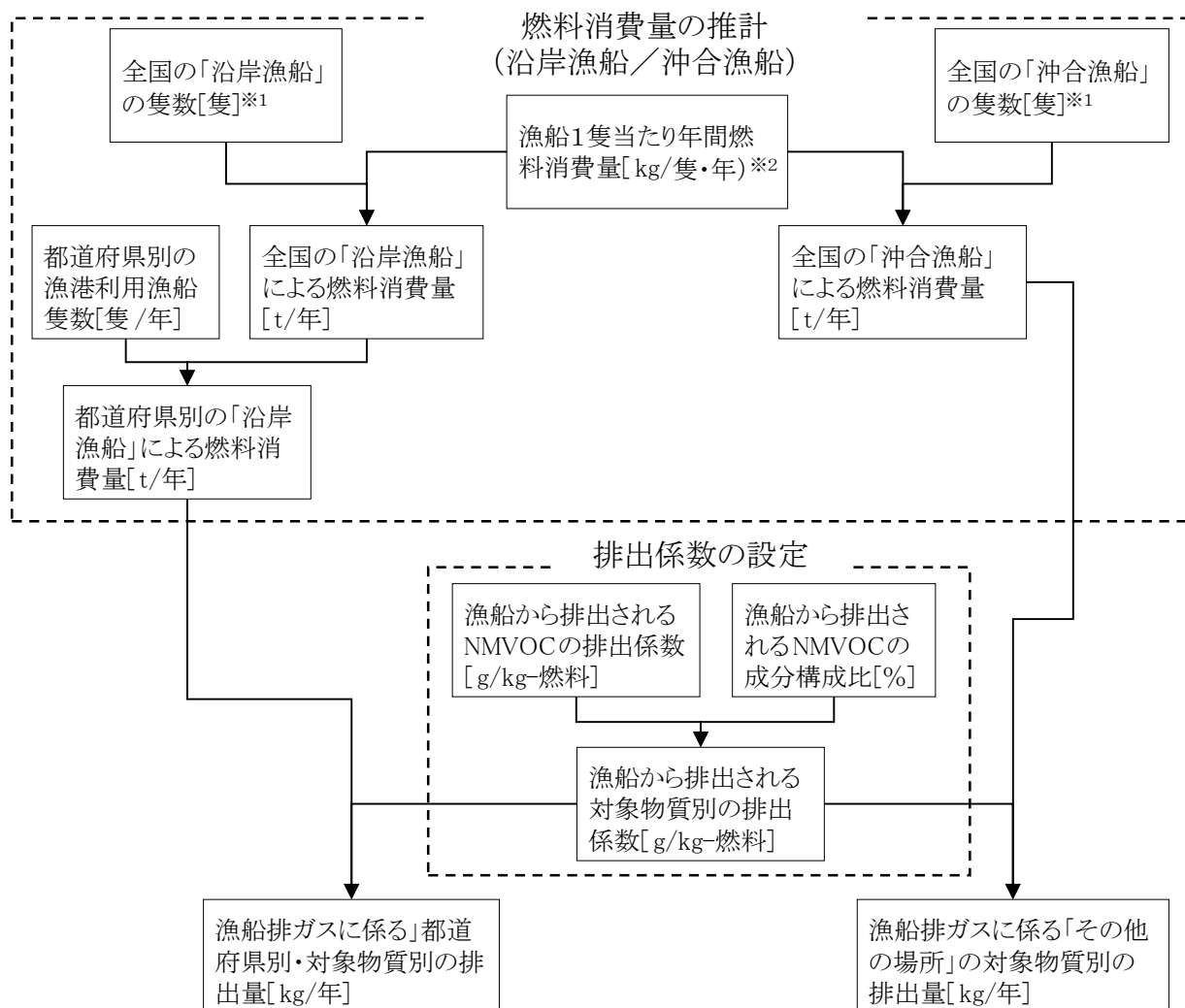
ガソリンエンジン:34g/kg-燃料、ディーゼルエンジン:1.9g/kg-燃料

注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資料)

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」(EMEP/CORINAIR, 2002)

注3:「注1」の NMVOC としての排出係数に「注2」の NMVOC に対する対象化学物質の比率を乗じて対象化学物質別の排出係数を設定した。



※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1.6千t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)に係る全国の対象化学物質別排出量推計結果(漁船種別)(令和元年度)

対象化学物質		年間排出量(kg/年)				合計	(参考) 海水動力漁船 (ディーゼル) 200海里以遠
		船外機付き漁船 (ガソリン)	海水動力漁船 (ディーゼル)				
物質 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	2,121	—	—	2,121	—	
12	アセトアルデヒド	13,195	21,141	7,392	41,728	5,964	
53	エチルベンゼン	146,091	5,285	1,848	153,224	1,491	
80	キシレン	348,732	21,141	7,392	377,265	5,964	
240	スチレン	84,827	—	—	84,827	—	
297	1, 3, 5-トリメチルベンゼン	51,839	—	—	51,839	—	
300	トルエン	518,386	15,856	5,544	539,786	4,473	
351	1, 3-ブタジエン	16,494	21,141	7,392	45,027	5,964	
399	ベンズアルデヒド	10,839	—	—	10,839	—	
400	ベンゼン	160,228	21,141	7,392	188,761	5,964	
411	ホルムアルデヒド	41,000	63,423	22,175	126,598	17,892	
合計		1,393,752	169,129	59,134	1,622,014	47,711	

注1: PRTRとしての推計対象は、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)(令和元年度:全国)

対象化学物質		全国の届出外排出量(kg/年)				
物質 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				2,121	2,121
12	アセトアルデヒド				41,728	41,728
53	エチルベンゼン				153,224	153,224
80	キシレン				377,265	377,265
240	スチレン				84,827	84,827
297	1, 3, 5-トリメチルベンゼン				51,839	51,839
300	トルエン				539,786	539,786
351	1, 3-ブタジエン				45,027	45,027
399	ベンズアルデヒド				10,839	10,839
400	ベンゼン				188,761	188,761
411	ホルムアルデヒド				126,598	126,598
合計					1,622,014	1,622,014

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)、1, 3, 5-トリメチルベンゼン(297)、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)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。THC 排出係数^{*}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。

※: 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)。

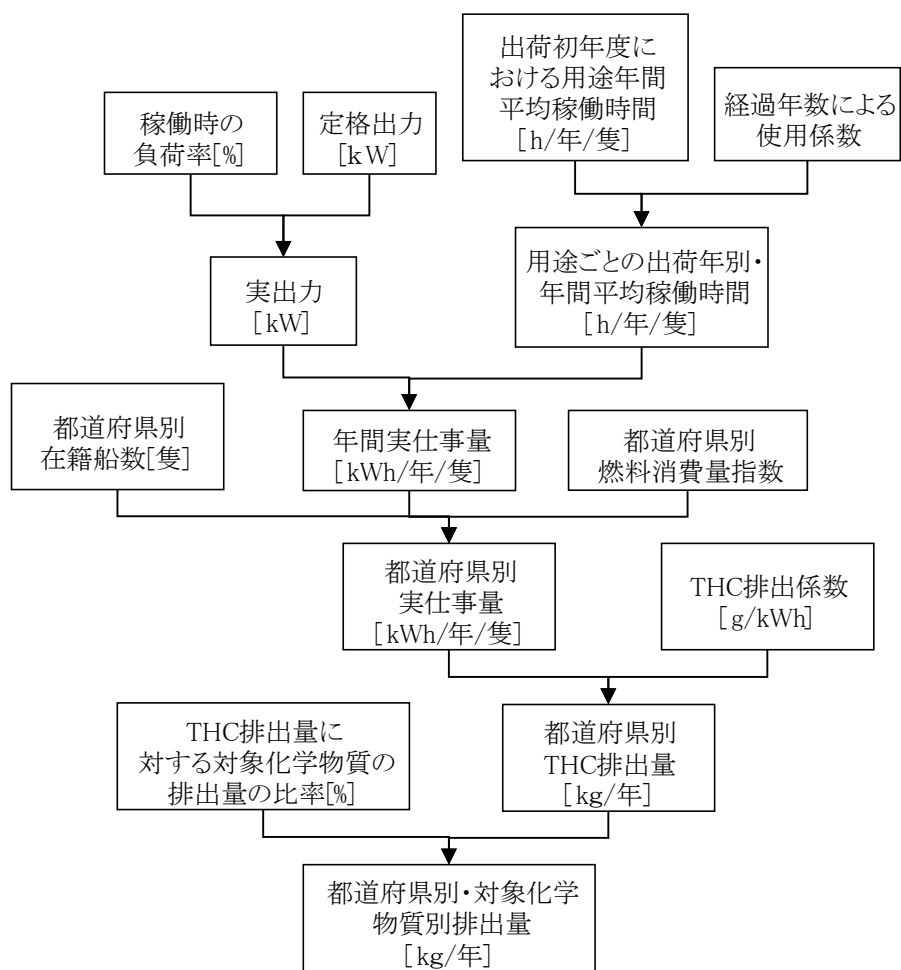


図 5 船舶(プレジャーボート)に係る排出量の推計フロー

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 787t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)(令和元年度:全国)

対象化学物質		年間排出量(kg/年)					合計
物質番号	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	575	625	30	2.0	0.55	1,233
12	アセトアルデヒド	3,559	3,867	125	13	2.3	7,566
53	エチルベンゼン	39,660	43,095	16	141	0.30	82,913
80	キシレン	93,945	102,081	56	334	1.0	196,417
240	スチレン	22,255	24,182	18	79	0.33	46,534
297	1, 3, 5-トリメチルベンゼン	14,374	15,618	16	51	0.28	30,059
300	トルエン	139,822	151,932	65	497	1.2	292,316
351	1, 3-ブタジエン	4,461	4,847	30	16	0.55	9,355
399	ベンズアルデヒド	2,970	3,227	15	11	0.27	6,223
400	ベンゼン	43,573	47,347	78	155	1.4	91,154
411	ホルムアルデヒド	11,060	12,018	578	39	10	23,706
合 計		376,253	408,841	1,028	1,337	19	787,477

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)(令和元年度:全国)

対象化学物質		全国の届出外排出量(kg/年)				合計
物質番号	物質名	対象業種	非対象業種	家庭	移動体	
10	アクロレイン				1,233	1,233
12	アセトアルデヒド				7,566	7,566
53	エチルベンゼン				82,913	82,913
80	キシレン				196,417	196,417
240	スチレン				46,534	46,534
297	1, 3, 5-トリメチルベンゼン				30,059	30,059
300	トルエン				292,316	292,316
351	1, 3-ブタジエン				9,355	9,355
399	ベンズアルデヒド				6,223	6,223
400	ベンゼン				91,154	91,154
411	ホルムアルデヒド				23,706	23,706
合 計					787,477	787,477