

下水処理施設に係る排出量

1. 届出外排出量と考えられる排出

下水処理施設へ流入した化学物質のうち、水処理施設で生分解や汚泥へ吸着されないものは、大気や公共用水域へ排出される。また、水処理施設で汚泥へ吸着されたもののうち、汚泥処理施設における脱水処理後の焼却処理により燃焼分解されないものについては、大気へ排出されるか、又は脱水汚泥や焼却灰として処理施設外へ移動される。したがって、水処理施設における大気及び公共用水域への排出と汚泥処理施設における大気への排出について推計の対象とした(図1及び表1)。

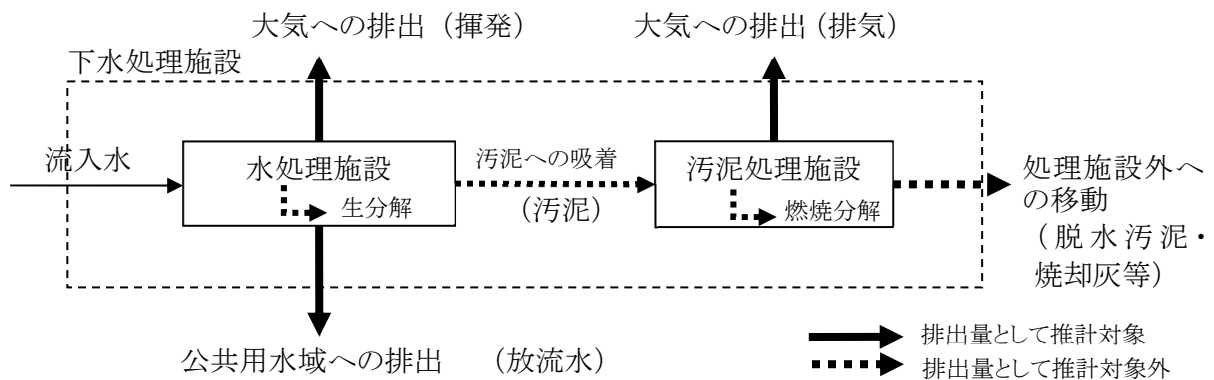


図1 下水処理施設からの排出と推計対象範囲

表1 下水処理施設における対象化学物質の移行先等と推計の対象

水処理施設からの移行先等	汚泥処理施設からの移行先等	推計の対象	備考
大気(揮発ガス)	—	○	
汚泥	大気(排出ガス)	△	実測データの得られる対象化学物質のみ
	燃焼分解	×	反応により化学物質として消失
	脱水汚泥・焼却灰等	×	PRTR では「移動」に該当
生分解	—	×	反応により化学物質として消失
放流水	—	○	

注:「推計の対象」の記号の意味は以下のとおり。

○:推計対象とする △:一部の物質を推計対象とする ×:推計対象とはしない

2. 推計を行う対象化学物質

下水処理施設からの排出量の推計対象物質は、下水処理施設への流入量が把握可能な化学物質を優先した。下水処理施設への流入量推計に活用可能なものとして、PRTR データ関連では、①PRTR 届出データにおける下水道への移動量、②すそ切り以下事業者からの公共用水域への排出量(下水道普及率を用いて下水道への流入量を推計して使用)、③非点源からの下水道への移動量がある。また、PRTR データ以外で活用が可能なものとして、実測により得られた対象化学物質の家庭排水中濃度や雨水排水中濃度と、家庭排水及び雨水の流入量がある。

これらにより流入量の把握ができた 202 物質から、下水処理施設からの排出量推計に必要な下水処理に伴う媒体別の移行率を得ることができなかった 11 物質を除いた 191 物質を排出量推計の対象とした(表 2)。なお、下水処理の工程で非意図的に生成されるトリハロメタン(クロロホルム等)の排出は、生成量に関する定量的なデータが得られなかったことから、排出量の推計対象外とした。

表 2 下水処理施設への流入量を把握する対象化学物質(2022 年度排出量)

流入源		対象化学物質数			排出量の推計対象とした対象化学物質の例 (()内は管理番号)
		流入量の把握が可能なもの (a)	排出量の推計が困難なもの (b)	排出量の推計対象としたもの =(a)-(b)	
①	届出事業者	180	10	170	・2-アミノエタノール(20) ・パラ-アミノフェノール(23)
②	すそ切り以下事業者	123	7	116	・アクリル酸及びその水溶性塩(4) ・アクリル酸ノルマルブチル(7)
③	非点源推計(家庭・非対象業種)	13	—	13	・直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩(アルキル基の炭素数が10から14までのもの及びその混合物に限る。)(30) ・ポリ(オキシエチレン) =アルキルエーテル(アルキル基の炭素数が12から15までのもの及びその混合物に限る。)(407)
④	家庭排水(その他の物質)	9	—	9	・ニッケル化合物(309) ・フタル酸ビス(2-エチルヘキシル)(355)
⑤	路面等からの雨水	20	—	20	・亜鉛の水溶性化合物(1) ・マンガン及びその化合物(412)
合計		202	11	191	

注1: 下水道への流入量のうち、ダイオキシン類とオゾン層破壊物質については、別途、届出外排出量を推計するため、本項目での排出量推計対象から除いている。

注2: 媒体への移行率がゼロで、結果的に排出量がゼロとなった対象化学物質も「推計対象としたもの」としてカウントした。

注3: 推計対象年度は2022年度だが、入手可能な下水道統計は2020年度、PRTRデータは2021年度のものであるため2022年度の下水道普及状況は2020年度と、流入量は2021年度の流入量と同じと仮定した。

3. 推計方法

「下水道における化学物質排出量の把握と化学物質管理計画の策定等に関するガイドライン(案)(令和5年4月国土交通省水管理・国土保全局下水道部)」(以下「国交省ガイドライン」という。)を参考にして、下水処理施設へ流入する化学物質の流入量を推計したのち、流入量に対する大気及び公共用水域への移行率を別途設定し、これらに乗じることにより、媒体ごとの排出量を推計した(図2)。なお、下水道法の規定に基づく水質検査の対象となっている 30 物質(表 7 において物質名に(※)を付して示した。)については「下水道業からの届出排出量」として排出量の届出が行われていることから、公共用水域への届出外排出量の推計対象から除外した。また、30 物質以外の一部の物質についても下水道業からの大気及び公共用水域への排出量の届出があることから、これらの物質の届出外排出量を推計するには、都道府県単位で届出排出量を差し引いた。

下水処理施設への化学物質の流入量は、PRTRデータや実測等により測定された排水中の化学物質の濃度等を用いて、表2に示した流入源ごとに推計した(表3及び表4)。なお、推計対象年度は2022年度だが、当該年度の統計データが得られないため、令和3年度のデータに基づき推計をすることとした。また、下水道統計については2023年12月上旬時点での利用可能な最新データが2020年度実績であるため、下水道普及率については2022年度も同じ状況であるものと仮定した。

表3 下水処理施設への流入量の推計方法の概要

流入源		流入量の推計方法の概要
①	届出事業者	PRTR データとして届出された「下水道への移動量」を都道府県ごとに集計した。
②	すそ切り以下事業者	PRTR 届出外排出量として推計されている都道府県別のすそ切り以下事業者からの公共用水域への排出量と、都道府県別の面積ベースの下水道普及率を用いて都道府県ごとに推計した。
③	非点源推計 (家庭・非対象業種)	PRTR 届出外排出量の参考値として、2つの排出源(「洗浄剤・化粧品等(界面活性剤、中和剤等)」及び「水道」)からの下水道への移動量が、13の対象化学物質について推計されているため、この全量を下水処理施設への流入量とみなした。
④	家庭排水 (その他の物質)	実測により測定された対象化学物質の家庭排水中濃度に、都道府県別の家庭排水の流入量の推計値を乗じた。
⑤	路面等からの雨水	実測により測定された雨水排水中濃度に、都道府県別の合流式下水処理施設への雨水の流入量の推計値を乗じた。

表4 下水処理施設への流入量の推計結果の例(2022年度)

管理番号	対象化学物質名	下水処理施設への流入量(kg/年)					合計
		届出	すそ切り以下	非点源 (家庭・非対象業種)	家庭排水 (その他の物質)	路面等からの雨水	
1	亜鉛の水溶性化合物	11,086	3,757			326,292	341,136
2	アクリルアミド	19	13				32
3	アクリル酸エチル	136	766				902
4	アクリル酸及びその水溶性塩	5,905	817				6,722
20	2-アミノエタノール	71,348	66,246	9,120,862			9,258,456
31	アンチモン及びその化合物	313	15,774		4,958		21,045
37	ビスフェノールA	16	7.0		4,008	672	4,704
60	エチレンジアミン四酢酸	139	1,500	3,826			5,465
87	クロム及び三価クロム化合物	5,131	3,073			8,292	16,497

注:推計対象年度は2022年度だが、入手可能なデータが2021年度のものであるため、2022年度の流入量は2021年度の流入量と同じと仮定した。

また、媒体(公共用水域、大気)への移行率は、国交省ガイドラインを参考に、媒体ごとの移行率が実測データとして得られる対象化学物質については、それらの実測データを優先的に採用し、それが得られない対象化学物質の場合は、物性データ(ヘンリー定数等)を入力パラメータとする簡易推計式により推定される移行率を用いた。さらに、簡易推計式による結果と標準活性汚泥処理における挙動シミュレ

ーションによる移行率との比較や生分解度データによる補正を行い、大気及び公共用水域への最終的な移行率を設定した(表5及び表6)。

表5 下水処理施設に係る媒体別移行率の設定方法

実測データ	簡易推計式と挙動シミュレーションとの乖離	生分解度データ	媒体別移行率の設定方法	対象となる物質数
あり	-	-	①実測による媒体別移行率をそのまま採用	56
なし	小 (シミュレーション未実施を含む)	なし	②ヘンリー定数及びオクタノール/水分配係数を用いる移行率簡易推計式による媒体別移行率をそのまま採用	44
		あり	③簡易推計式による媒体別移行率を生分解度で補正	87
	大	なし	④標準活性汚泥処理における挙動シミュレーションによる媒体別移行率をそのまま採用	0
		あり	⑤挙動シミュレーションによる媒体別移行率を生分解度で補正	4
-	-	-	⑥いずれの方法でも媒体別移行率が設定不可	11

注1:簡易推計式による媒体別移行率は、生分解が起こらない場合の割合を物性値だけで予測したものであるため、生分解に係るデータが得られる場合は、それを考慮した補正を要する。

注2:挙動シミュレーションは金属化合物等を除く322物質について実施したものであり、未実施の物質は「乖離が小さい」場合と同等に扱うこととした。

注3:実測データが得られた対象化学物質についても、下水処理施設における生分解が発生するのが一般的だが、それが発生した条件で実測されたデータであるため、上記「注2」と同様の補正は要しない。

注4:対象となる物質数において、簡易推計式と挙動シミュレーションとの乖離が大のものの物質数は、大気及び汚泥のいずれかの移行率に挙動シミュレーションによる媒体別移行率を用いた場合にカウントした。

表6 下水処理施設に係る媒体別の移行率の推計結果の例

管理番号	対象化学物質名	媒体別の移行率		移行率の設定方法
		大気	公共用水域 (放流水)	
1	亜鉛の水溶性化合物	2.0%	28%	①
2	アクリルアミド	0.000056%	58%	③
3	アクリル酸エチル	0.087%	0.91%	③
4	アクリル酸及びその水溶性塩	0.00020%	1.0%	③
5	アクリル酸2-(ジメチルアミノ)エチル	0.045%	>99.9%	②
6	アクリル酸2-ヒドロキシエチル	0.0000037%	1.0%	③
7	アクリル酸ノルマルブチル	0.15%	0.84%	③
8	アクリル酸メチル	1.5%	40%	③
34	3-イソシアナトメチル-3, 5, 5-トリメチルシクロヘキシル=イソシアネート	0.16%	0.24%	⑤
297	1, 3, 5-トリメチルベンゼン	70%	20%	⑤

注1:移行率の設定方法の番号は、表5の媒体別移行率の設定方法に示した番号に対応する。

①:実測による媒体別移行率をそのまま採用(網掛けで示す)

②:簡易推計式による媒体別移行率をそのまま採用

③:簡易推計式による媒体別移行率を生分解度で補正

④:挙動シミュレーションによる媒体別移行率をそのまま採用

⑤:挙動シミュレーションによる媒体別移行率を生分解度で補正

注2:上記「注1①」に示す対象化学物質のうち、実測データが得られない媒体は排出量の推計の対象外とした。

注3:下水処理施設への流入量がなく、本年度は推計を行わない物質についても移行率を示している。

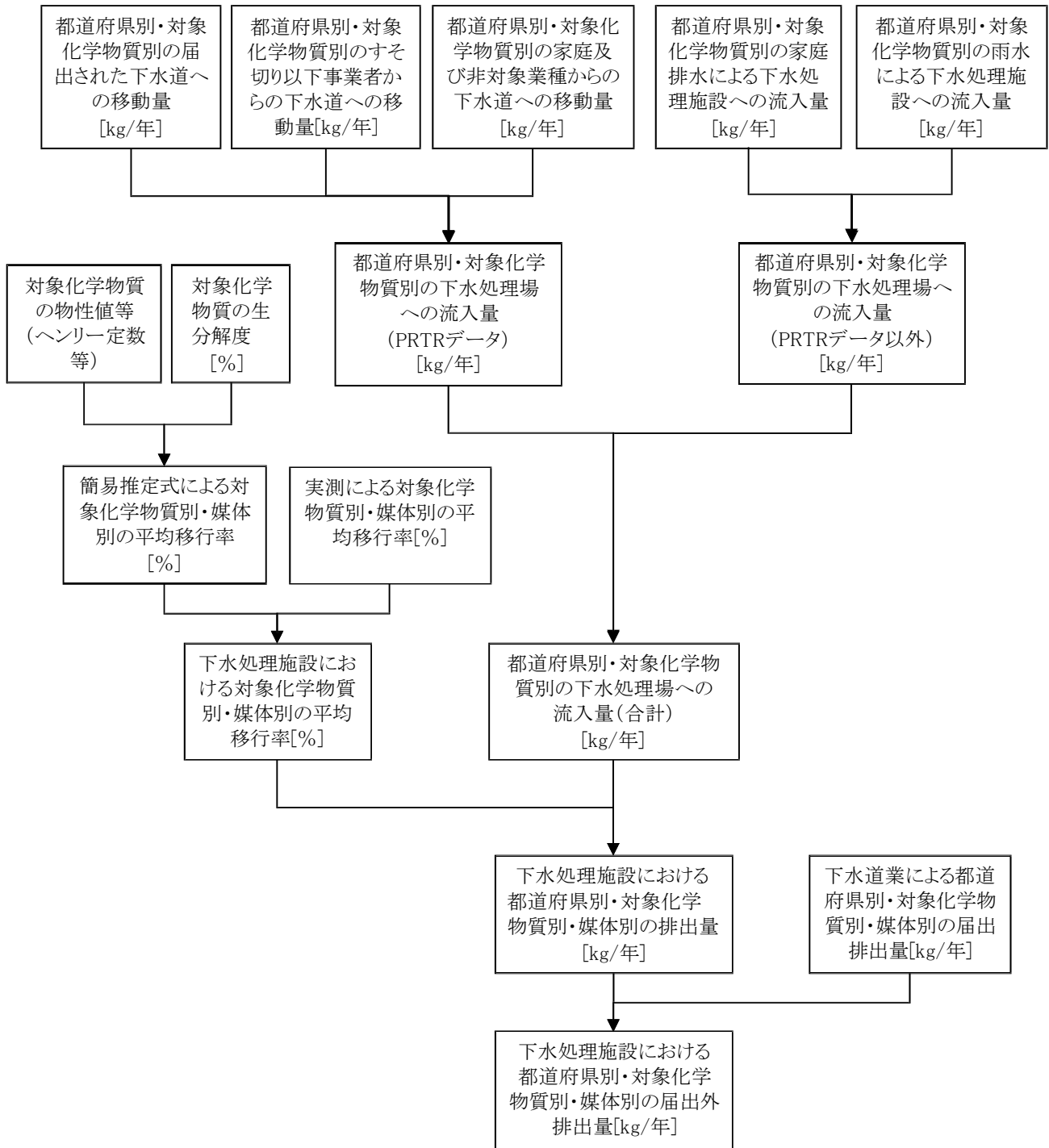


図 2 下水処理施設に係る排出量の推計フロー

4. 推計結果

下水処理施設に係る排出量の届出外排出量の推計結果を表 7 に示す。下水道処理施設に係る排出量の合計は約 8.1 千 t と推計された。

表7 下水処理施設に係る排出量推計結果(2022年度:全国)(1/6)

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
1	亜鉛の水溶性化合物(※)	6,869				6,869
2	アクリルアミド	19				19
3	アクリル酸エチル	9.0				9.0
4	アクリル酸及びその水溶性塩	67				67
6	アクリル酸2-ヒドロキシエチル	0.1				0.1
7	アクリル酸ノルマルーブチル	14				14
8	アクリル酸メチル	0.6				0.6
9	アクリロニトリル	14,936				14,936
11	アジ化ナトリウム					
12	アセトアルデヒド	0.3				0.3
13	アセトニトリル	34,928				34,928
17	オルト-アニシジン	0.4				0.4
18	アニリン	272				272
20	2-アミノエタノール	2,870,121				2,870,121
23	パラ-アミノフェノール	79				79
24	メタ-アミノフェノール	158				158
27	メタミトン	3.0				3.0
30	直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩 (アルキル基の炭素数が10から14までのもの 及びその混合物に限る。)	1,692,559				1,692,559
31	アンチモン及びその化合物	12,908				12,908
36	イソプレン	15,800				15,800
37	ビスフェノールA	141				141
44	インジウム及びその化合物					
51	2-エチルヘキサノ酸	107				107
53	エチルベンゼン	4,980				4,980
56	エチレンオキシド	42,464				42,464
57	エチレングリコールモノエチルエーテル	21				21
58	エチレングリコールモノメチルエーテル	27				27
59	エチレンジアミン	2.2				2.2
60	エチレンジアミン四酢酸	4,946				4,946
62	マンコゼブ	1.0				1.0
65	エピクロロヒドリン					
68	酸化プロピレン					
69	2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテル	0.2				0.2
71	塩化第二鉄					
73	1-オクタノール	0.1				0.1
75	カドミウム及びその化合物(※)	1.7				1.7

表7 下水処理施設に係る排出量推計結果(2022年度:全国)(2/6)

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
76	イプシロン-カプロラクタム	162				162
79	2,6-キシレノール	118				118
80	キシレン	3,028				3,028
82	銀及びその水溶性化合物	1,822				1,822
83	クメン	4,132				4,132
84	グリオキサール	0.5				0.5
85	グルタルアルデヒド	20				20
86	クレゾール	345				345
87	クロム及び三価クロム化合物(※)	990				990
88	六価クロム化合物(※)					
89	クロロアニリン	950				950
91	シアナジン	3.0				3.0
94	塩化ビニル	941				941
95	フルアジナム	12				12
99	クロロ酢酸エチル	45				45
114	インダノファン	1.4				1.4
115	フェントラザミド	0.007				0.007
117	テブコナゾール	12				12
123	塩化アリル	11				11
125	クロロベンゼン	2,995				2,995
127	クロロホルム	12,861				12,861
132	コバルト及びその化合物	15,714				15,714
133	エチレングリコールモノエチルエーテルアセテート	0.7				0.7
134	酢酸ビニル	969				969
144	無機シアン化合物(錯塩及びシアン酸塩を除く。)(※)					
145	2-(ジエチルアミノ)エタノール	30				30
147	チオベンカルブ					
150	1,4-ジオキサン(※)					
151	1,3-ジオキサラン	120				120
154	シクロヘキシルアミン	13				13
155	N-(シクロヘキシルチオ)フタルイミド	692				692
156	ジクロロアニリン					
157	1,2-ジクロロエタン(※)	118				118
169	ジウロン	30				30
174	リニュロン	0.9				0.9
178	1,2-ジクロロプロパン	2.0				2.0
179	D-D(※)					
181	ジクロロベンゼン	1,309				1,309

表7 下水処理施設に係る排出量推計結果(2022年度:全国)(3/6)

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
183	ピラゾレート	6.0				6.0
184	ジクロベニル	2.9				2.9
186	塩化メチレン(※)	3,982				3,982
188	N, N-ジシクロヘキシルアミン	0.5				0.5
195	プロチオホス	0.1				0.1
199	CIフルオレスセント260	36				36
203	ジフェニルアミン	2.5				2.5
205	1, 3-ジフェニルグアニジン	0.004				0.004
207	2, 6-ジ-ターシャリーブチル-4-クレゾール	12				12
209	ジブromクロロメタン	19,951				19,951
210	2, 2-ジブromo-2-シアノアセトアミド	1,501				1,501
213	N, N-ジメチルアセトアミド	323				323
216	N, N-ジメチルアニリン	73				73
217	チオシクラム					
218	ジメチルアミン	1.1				1.1
221	ベンフラカルブ	0.5				0.5
223	N, N-ジメチルドデシルアミン	0.007				0.007
224	N, N-ジメチルドデシルアミン=N-オキシド	13,041				13,041
232	N, N-ジメチルホルムアミド					
235	臭素酸の水溶性塩					
237	水銀及びその化合物(※)					
239	有機スズ化合物					
240	スチレン					
241	2-スルホヘキサデカン酸-1-メチルエステルナトリウム塩					
242	セレン及びその化合物(※)	0.1				0.1
244	ダゾメット	1.0				1.0
245	チオ尿素	2,997				2,997
251	フェニトロチオン	0.9				0.9
256	デカン酸	34				34
257	デカノール	26				26
258	ヘキサメチレンテトラミン	200				200
262	テトラクロロエチレン(※)	688				688
268	チウラム(※)					
270	テレフタル酸	0.7				0.7
271	テレフタル酸ジメチル	0.002				0.002
272	銅水溶性塩(錯塩を除く。)(※)	3,952				3,952

表7 下水処理施設に係る排出量推計結果(2022年度:全国)(4/6)

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
273	ノルマルードデシルアルコール	48				48
275	ドデシル硫酸ナトリウム	548,562				548,562
276	テトラエチレンペンタミン	2,867				2,867
277	トリエチルアミン	45,852				45,852
278	トリエチレンテトラミン	1,535				1,535
281	トリクロロエチレン(※)	675				675
282	トリクロロ酢酸	324				324
283	2, 4, 6-トリクロロ-1, 3, 5-トリアジン	7.0				7.0
290	トリクロロベンゼン	331				331
292	トリブチルアミン	7.7				7.7
294	2, 4, 6-トリブロモフェノール	4.0				4.0
296	1, 2, 4-トリメチルベンゼン	2,326				2,326
297	1, 3, 5-トリメチルベンゼン	1,277				1,277
299	トルイジン	7,306				7,306
300	トルエン	17,110				17,110
301	トルエンジアミン	483				483
302	ナフタレン	1,546				1,546
304	鉛					
305	鉛化合物(※)	5,535				5,535
306	二アクリル酸ヘキサメチレン	143				143
307	二塩化酸化ジルコニウム					
308	ニッケル	158				158
309	ニッケル化合物	83,819				83,819
318	二硫化炭素	267				267
320	ノニルフェノール					
321	バナジウム化合物	5,853				5,853
322	5'-[N, N-ビス(2-アセチルオキシエチル)アミノ]-2'-(2-ブロモ-4, 6-ジニトロフェニルアゾ)-4'-メキシアセトアニリド	1,356				1,356
323	シメトリン	1.9				1.9
328	ジラム	274				274
330	ビス(1-メチル-1-フェニルエチル)＝ペルオキシド	62				62
332	砒素及びその無機化合物(※)	0.2				0.2

表7 下水処理施設に係る排出量推計結果(2022年度:全国)(5/6)

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
333	ヒドラジン					
334	4-ヒドロキシ安息香酸メチル	343				343
335	N-(4-ヒドロキシフェニル)アセトアミド	32				32
336	ヒドロキノ	728				728
341	ピペラジン	865				865
342	ピリジン	127				127
343	カテコール	0.9				0.9
346	2-フェニルフェノール	14				14
348	フェニレンジアミン	598				598
349	フェノール	98				98
351	1,3-ブタジエン	41				41
353	フタル酸ジエチル	9.9				9.9
354	フタル酸ジ-ノルマル-ブチル					
355	フタル酸ビス(2-エチルヘキシル)	1,223				1,223
368	4-ターシャリーブチルフェノール	10				10
374	ふっ化水素及びその水溶性塩(※)					
379	2-プロピン-1-オール	5.0				5.0
381	ブロモジクロロメタン	11,244				11,244
383	ブロマシル	5.0				5.0
389	ヘキサデシルトリメチルアンモニウム=クロリド	10,501				10,501
390	ヘキサメチレンジアミン	0.03				0.03
391	ヘキサメチレン=ジイソシアネート	0.03				0.03
392	ノルマル-ヘキサン	26				26
393	ベタナフトール	1.5				1.5
395	ペルオキソ二硫酸の水溶性塩					
398	塩化ベンジル	0.1				0.1
399	ベンズアルデヒド	75				75
400	ベンゼン(※)	157				157
401	1,2,4-ベンゼントリカルボン酸1,2-無水物					
403	ベンゾフェノン	0.2				0.2
405	ほう素化合物(※)					
407	ポリ(オキシエチレン)=アルキルエーテル(アルキル基の炭素数が12から15までのもの及びその混合物に限る。)	723,281				723,281
408	ポリ(オキシエチレン)=オクチルフェニルエーテル	1,840				1,840

表7 下水処理施設に係る排出量推計結果(2022年度:全国)(6/6)

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
409	ポリ(オキシエチレン) =ドデシルエーテル硫酸エステルナトリウム	1,147,589				1,147,589
410	ポリ(オキシエチレン) =ノニルフェニルエーテル	8,092				8,092
411	ホルムアルデヒド	582,885				582,885
412	マンガン及びその化合物(※)	987				987
413	無水フタル酸	0.5				0.5
414	無水マレイン酸	0.8				0.8
415	メタクリル酸	184				184
416	メタクリル酸2-エチルヘキシル	0.7				0.7
417	メタクリル酸2,3-エポキシプロピル	0.1				0.1
418	メタクリル酸2-(ジメチルアミノ)エチル	0.7				0.7
419	メタクリル酸ノルマルブチル	0.5				0.5
420	メタクリル酸メチル	712				712
423	メチルアミン	0.0008				0.0008
436	アルファ-メチルスチレン	8.0				8.0
438	メチルナフタレン	4.6				4.6
439	3-メチルピリジン	2.9				2.9
440	1-メチル-1-フェニルエチル=ヒドロペルオキシド	64				64
444	トリフロキシストロビン	0.4				0.4
447	メチレンビス(4,1-シクロヘキシレン)=ジイソシアネート	0.1				0.1
449	フェンメディファム	1.7				1.7
452	2-メルカプトベンゾチアゾール	3.0				3.0
453	モリブデン及びその化合物	23,791				23,791
455	モルホリン	25,749				25,749
457	ジクロルボス	44				44
459	りん酸トリス(2-クロロエチル)	120				120
460	りん酸トリトリル	11				11
461	りん酸トリフェニル	1,062				1,062
462	りん酸トリーノルマルブチル	0.04				0.04
合計		8,065,986				8,065,986

注1: 下水道業における特別要件施設としての公共用水域への排出量の届出対象物質である30物質については、排出量が全て届出されていると考えられるため、当該物質に係る下水処理施設からの公共用水域への届出外排出量はゼロとする(表中には、物質名に(※)を付して示した)。

注2: 下水処理施設への流入量がある物質のうち、移行率が0%または設定不可の場合については届出外排出量をゼロとする。