

5.D.1.- 生活排水（し尿処理施設） (Domestic Wastewater — Human-Waste Treatment Plant) (CH₄, N₂O)

1. 排出・吸収源の概要

1.1 排出・吸収源の対象及び温室効果ガス排出メカニズム

本排出源では、生活排水の処理に伴い排出される CH₄ 及び N₂O のうち、汲み取り便槽から収集されたし尿や浄化槽の清掃に伴い発生する浄化槽汚泥をし尿処理施設で処理する際に排出される CH₄ 及び N₂O を扱う。

我が国のし尿処理施設では様々な処理方式が用いられており、処理方式によって CH₄・N₂O 発生量が異なるため、し尿処理方式ごとに排出係数を設定し、し尿処理施設からの CH₄・N₂O 排出量を算定する。

1.2 排出・吸収トレンド及びその要因

汲み取り便槽の数は下水道や合併処理浄化槽の普及とともに経年的に減少しており、し尿処理施設で処理されるし尿量も経年的に減少している。加えて、CH₄ を多量に発生する嫌気性処理方式の減少や、N₂O を多量に発生する高負荷脱窒素方式における処理プロセスの改善による N₂O 排出係数の低下等の要因により、本排出源の CH₄・N₂O 排出量は経年的に減少している。

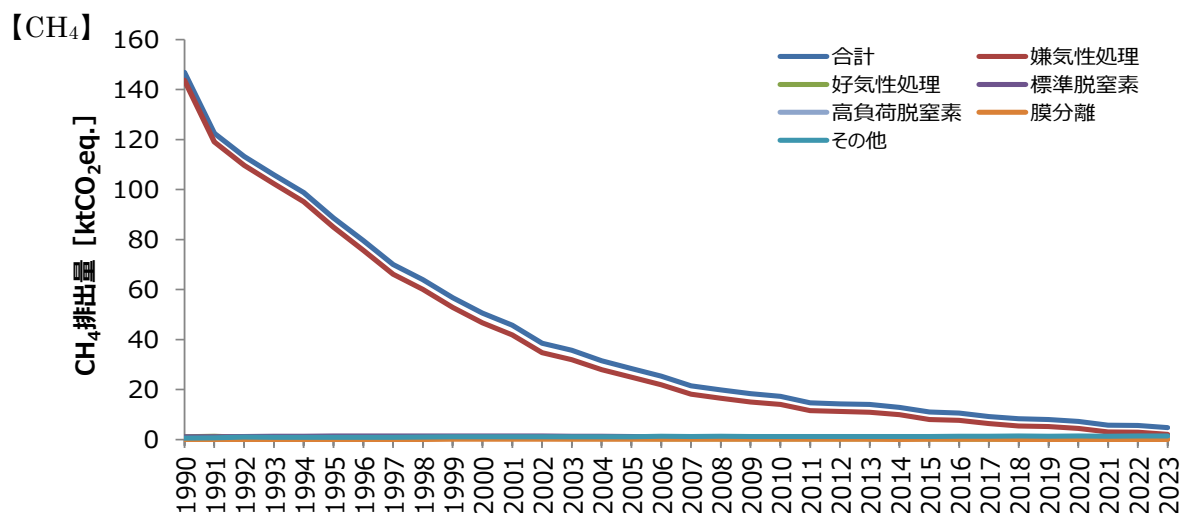


図 1 生活排水の処理に伴う CH₄ 排出量（し尿処理施設）の推移

【N₂O】

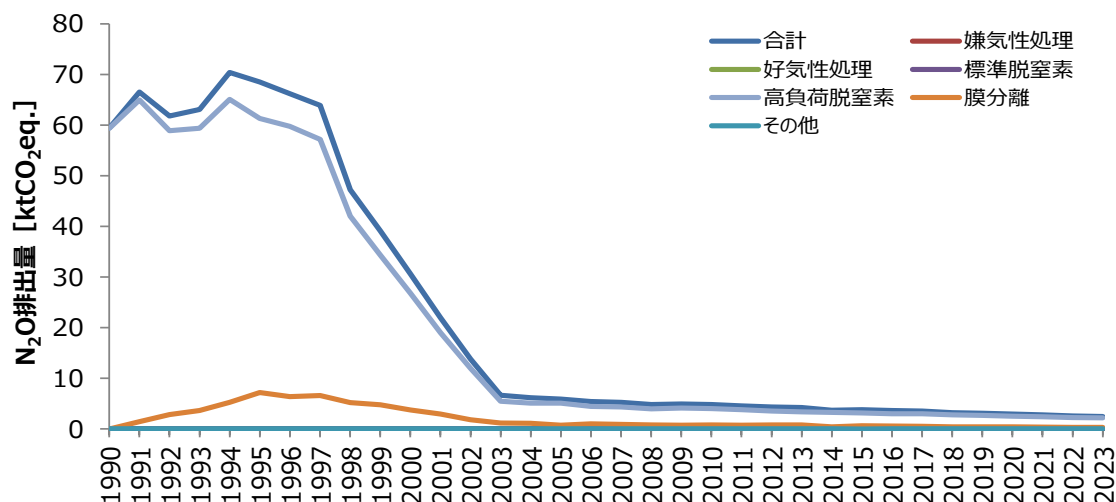


図 2 生活排水の処理に伴う N₂O 排出量 (し尿処理施設) の推移

2. 排出・吸収量算定方法

2.1 排出・吸収量算定式

生活排水の処理に伴う CH₄ 及び N₂O 排出 (し尿処理施設) については、国内での研究事例が蓄積されていることから、2006 年 IPCC ガイドラインに基づき、我が国独自の排出係数及び算定方法を用いて算定する (Tier 2)。具体的には、し尿処理方式別の処理割合にし尿及び浄化槽汚泥処理量を乗じてし尿処理方式別のし尿及び浄化槽汚泥処理量を算定し、実測調査結果等に基づき設定した CH₄ 及び N₂O 排出係数を乗じて CH₄・N₂O 排出量を算定する。処理量の単位として、CH₄ 排出量の算定には [m³] を用い、N₂O 排出量の算定には、N₂O 排出メカニズムを踏まえ¹、[kg-N] を用いる。

$$E = \sum (EF_i \times A_i)$$

E : 生活・商業排水の処理に伴う CH₄ or N₂O 排出量 (し尿処理施設) [kg-CH₄] or [kg-N₂O]
 EF_i : し尿処理施設 (処理方式 i) の CH₄ or N₂O 排出係数 [kg-CH₄/m³] or [kg-N₂O/kg-N]
 A_i : し尿処理施設 (処理方式 i) におけるし尿及び浄化槽汚泥の年間処理量 [m³] or [kg-N]

2.2 排出係数 (EF_i)

2.2.1 CH₄

実測調査結果等に基づき、し尿処理施設の処理方式別に、「嫌気性処理」、「好気性処理」、「標準脱窒素処理」、「高負荷脱窒素処理」、「膜分離」、「その他」の CH₄ の排出係数を設定する。

¹ 大村, 河窪, 山田, 高負荷型し尿処理施設における亜酸化窒素排出係数に関する考察, 都市清掃, 第 260 号, (2004)

表 1 し尿処理施設の CH₄ 排出係数とその算定方法 (EF_i)

処理方式	CH ₄ 排出係数 [kg-CH ₄ /m ³]	出典・算定根拠
嫌気性処理	0.543	文献 1 の CH ₄ 排出係数実測値 (7.6 kl/m ³) に (1-メタンの回収率 (90%)) を乗じて算定
好気性処理	0.00545	CH ₄ 排出実態が不明なため、標準脱窒素処理と高負荷脱窒素処理の単純平均値を採用
標準脱窒素処理	0.0059	文献 2
高負荷脱窒素処理	0.005	文献 2
膜分離	0.00545	CH ₄ 排出実態が不明なため、好気性処理の排出係数にて代用
その他	0.00545	CH ₄ 排出実態が不明なため、好気性処理の排出係数にて代用

- ・文献 1：メタン等排出量分析調査結果報告書（平成元年度環境庁委託業務、日本環境衛生センター）
- ・文献 2：B-2（1） 廃棄物処理場からの放出量の解明に関する研究、平成 6 年度地球環境研究総合推進費研究調査報告書

2.2.2 N₂O

我が国の研究事例に基づき、N₂O 排出係数が比較的大きい「高負荷脱窒素処理」及び「膜分離」とそれ以外に区分して N₂O 排出係数を設定する。なお、「高負荷脱窒素処理」及び「膜分離」については、処理プロセスの改善により、1990 年代前半と比べて N₂O 排出係数が低下していることから、下表のとおり、経年的な N₂O 排出係数を設定する。

表 2 し尿処理施設の N₂O 排出係数とその算定方法 (EF_i) [kg-N₂O/kg-N]

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
高負荷脱窒素処理	0.0330	0.0330	0.0330	0.0330	0.0330	0.0297	0.0263	0.0230	0.0196	0.0163
膜分離処理	0.0330	0.0330	0.0330	0.0330	0.0330	0.0296	0.0262	0.0228	0.0194	0.0160
その他（嫌気性処理、好気性処理、標準脱窒素処理を含む）	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
高負荷脱窒素処理	0.0129	0.0096	0.0063	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029
膜分離処理	0.0126	0.0092	0.0058	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024
その他（嫌気性処理、好気性処理、標準脱窒素処理を含む）	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
高負荷脱窒素処理	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029
膜分離処理	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024
その他（嫌気性処理、好気性処理、標準脱窒素処理を含む）	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045
	2020	2021	2022	2023						
高負荷脱窒素処理	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029						
膜分離処理	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024						
その他（嫌気性処理、好気性処理、標準脱窒素処理を含む）	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.0000045						

- ・高負荷脱窒素処理及び膜分離（1990～1994 年度値）の出典：B-16（7） 廃棄物処理分野におけるメタン・亜酸化窒素の発生抑制対策に関する研究、平成 9 年度地球環境研究総合推進費研究調査報告書の 13 施設における実測値の中央値を採用
- ・高負荷脱窒素処理及び膜分離（2003 年度以降）の出典：大村，河窪，山田，高負荷型し尿処理施設における亜酸化窒素排出係数に関する考察，都市清掃，第 260 号，（2004）の 10 施設（高負荷脱窒素処理）及び 11 施設（膜分離）における実測値の中央値を採用
- ・高負荷脱窒素処理及び膜分離の 1995～2002 年度値：1994 年度値と 2003 年度値を用いて内挿
- ・その他：その他の処理方式の N₂O 排出実態は不明なことから、「B-2（1） 廃棄物処分場からの放出量の解明に関する研究，平成 6 年度地球環境研究総合推進費研究調査報告書」に示される標準脱窒素処理の N₂O 排出係数の上限値（0.00001 kg-N₂O/m³）を 1994 年度のし尿及び浄化槽汚泥中窒素濃度（2,211 mg-N/l）で除して設定する。排出係数の値は経年的に変動する可能性があるが、値が非常に小さいことから、各年度一律の値を用

いる。

2.3 活動量 (A_i)

2.3.1 CH₄

CH₄排出量算定のための活動量 [m³] は、「日本の廃棄物処理（環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課）」におけるし尿及び浄化槽汚泥の処理量 [m³] に、「日本の廃棄物処理（環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課）」におけるし尿処理方式別の処理能力から求めた処理能力割合を乗じて算定する。

表 3 し尿処理方式別の処理能力の推移

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
嫌気性処理	31.9%	26.0%	24.1%	22.4%	21.1%	18.9%	16.7%	14.8%	13.6%	12.2%
好気性処理	24.6%	28.3%	20.8%	20.8%	19.6%	18.7%	17.2%	16.4%	14.2%	12.7%
標準脱窒素	23.3%	22.1%	23.8%	26.0%	27.7%	28.7%	29.4%	29.8%	30.7%	31.6%
高負荷脱窒素処理	7.5%	8.2%	9.8%	10.0%	11.3%	13.1%	14.6%	16.7%	15.6%	16.2%
膜分離処理	0.0%	0.2%	0.5%	0.6%	0.9%	1.5%	1.6%	1.9%	2.0%	2.3%
その他	12.7%	15.1%	21.1%	20.1%	19.4%	19.0%	20.5%	20.4%	23.9%	25.0%
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
嫌気性処理	11.0%	9.9%	8.7%	8.0%	7.4%	6.8%	6.0%	5.1%	4.7%	4.4%
好気性処理	12.2%	11.1%	10.6%	9.9%	9.4%	8.9%	8.2%	8.4%	8.0%	7.5%
標準脱窒素	32.0%	32.4%	32.8%	32.1%	31.8%	31.1%	29.2%	30.0%	29.6%	29.7%
高負荷脱窒素処理	16.5%	16.3%	17.0%	17.0%	17.1%	18.3%	16.4%	16.9%	15.9%	17.4%
膜分離処理	2.4%	2.6%	2.8%	4.4%	4.4%	3.2%	4.4%	4.1%	3.9%	3.8%
その他	26.0%	27.7%	28.1%	28.5%	29.9%	31.7%	35.7%	35.4%	37.8%	37.1%
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
嫌気性処理	4.3%	3.7%	3.6%	3.5%	3.3%	2.7%	2.6%	2.2%	1.9%	1.8%
好気性処理	7.4%	6.9%	7.4%	6.9%	7.0%	7.2%	6.7%	5.8%	5.4%	4.6%
標準脱窒素	28.7%	28.8%	29.1%	29.0%	29.1%	28.8%	27.3%	26.2%	25.4%	26.1%
高負荷脱窒素処理	17.7%	17.7%	17.1%	16.7%	16.9%	16.6%	16.4%	16.8%	16.0%	15.9%
膜分離処理	4.0%	4.1%	4.6%	4.7%	2.6%	4.0%	3.8%	3.5%	2.9%	3.0%
その他	37.9%	38.8%	38.2%	39.1%	41.2%	40.7%	43.2%	45.5%	48.4%	48.6%
	2020	2021	2022	2023						
嫌気性処理	1.6%	1.1%	1.1%	0.8%						
好気性処理	4.5%	6.1%	5.1%	5.0%						
標準脱窒素	25.9%	25.0%	23.6%	23.3%						
高負荷脱窒素処理	15.3%	15.1%	14.6%	14.6%						
膜分離処理	2.9%	2.7%	2.3%	2.3%						
その他	49.7%	50.0%	53.4%	54.0%						

表 4 CH₄排出量算定用の活動量の推移 (A_i) [千 m³]

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
嫌気性処理	9,455	7,830	7,217	6,732	6,259	5,589	4,983	4,354	3,951	3,476
好気性処理	7,288	8,512	6,239	6,251	5,811	5,546	5,109	4,809	4,152	3,604
標準脱窒素	6,889	6,648	7,130	7,796	8,240	8,483	8,752	8,730	8,946	9,008
高負荷脱窒素処理	2,231	2,468	2,930	2,991	3,364	3,887	4,358	4,896	4,560	4,624
膜分離処理	0	54	140	183	272	455	468	570	572	655
その他	3,767	4,553	6,327	6,042	5,761	5,634	6,112	5,985	6,964	7,123
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
嫌気性処理	3,073	2,753	2,290	2,102	1,839	1,642	1,443	1,193	1,088	992
好気性処理	3,400	3,080	2,799	2,600	2,359	2,146	1,973	1,961	1,845	1,666
標準脱窒素	8,917	8,973	8,665	8,414	7,965	7,518	6,989	6,983	6,793	6,640
高負荷脱窒素処理	4,611	4,502	4,499	4,464	4,274	4,435	3,938	3,922	3,658	3,897
膜分離処理	664	723	742	1,144	1,095	774	1,051	959	894	855
その他	7,243	7,667	7,411	7,463	7,481	7,676	8,559	8,229	8,679	8,293
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
嫌気性処理	925	765	738	722	653	530	504	419	359	344
好気性処理	1,605	1,453	1,512	1,417	1,386	1,412	1,311	1,106	1,019	847
標準脱窒素	6,222	6,021	5,984	5,940	5,794	5,672	5,339	5,022	4,816	4,863
高負荷脱窒素処理	3,828	3,697	3,512	3,431	3,368	3,266	3,195	3,226	3,031	2,962
膜分離処理	876	863	949	962	518	796	745	665	548	553
その他	8,220	8,113	7,841	8,024	8,219	8,014	8,443	8,725	9,175	9,037
	2020	2021	2022	2023						
嫌気性処理	297	198	196	138						
好気性処理	818	1,096	896	871						
標準脱窒素	4,758	4,505	4,150	4,043						
高負荷脱窒素処理	2,812	2,721	2,564	2,541						
膜分離処理	538	494	403	391						
その他	9,123	9,026	9,409	9,374						

2.3.2 N₂O

N₂O 排出量算定用のための活動量 [kg-N] は、CH₄ 排出量算定用の活動量 [m³] に、し尿及び浄化槽汚泥中の窒素濃度 [mg-N/L] を乗じて算定する。し尿及び浄化槽汚泥中の窒素濃度は、「し尿処理施設の精密機能検査にみる運転実績の現状について（第4報）、日本環境衛生センター所報第28号、(2001)」より、下表のとおり経年的に設定する。

表 5 し尿及び浄化槽汚泥の窒素濃度 [mg/L]

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
し尿	3,940	3,940	3,300	3,300	3,300	3,100	3,100	3,100	2,700	2,700
浄化槽汚泥	1,060	1,060	380	380	380	300	300	300	580	580
加重平均値	3,043	3,011	2,300	2,270	2,211	2,008	1,967	1,920	1,771	1,719
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
し尿	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700
浄化槽汚泥	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580
加重平均値	1,695	1,659	1,601	1,583	1,535	1,491	1,453	1,425	1,401	1,373
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
し尿	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700
浄化槽汚泥	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580
加重平均値	1,354	1,327	1,304	1,280	1,258	1,242	1,219	1,203	1,186	1,171
	2020	2021	2022	2023						
し尿	2,700	2,700	2,700	2,700						
浄化槽汚泥	580	580	580	580						
加重平均値	1,155	1,142	1,126	1,111						

表 6 N₂O 排出量算定用の活動量の推移 (A_i) [kt-N]

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
嫌気性処理	29	24	17	15	14	11	10	8	7	6
好気性処理	22	26	14	14	13	11	10	9	7	6
標準脱窒素	21	20	16	18	18	17	17	17	16	15
高負荷脱窒素処理	7	7	7	7	7	8	9	9	8	8
膜分離処理	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
その他	11	14	15	14	13	11	12	11	12	12
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
嫌気性処理	5	5	4	3	3	2	2	2	2	1
好気性処理	6	5	4	4	4	3	3	3	3	2
標準脱窒素	15	15	14	13	12	11	10	10	10	9
高負荷脱窒素処理	8	7	7	7	7	7	6	6	5	5
膜分離処理	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1
その他	12	13	12	12	11	11	12	12	12	11
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
嫌気性処理	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
好気性処理	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
標準脱窒素	8	8	8	8	7	7	7	6	6	6
高負荷脱窒素処理	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3
膜分離処理	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
その他	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11
	2020	2021	2022	2023						
嫌気性処理	0	0	0	0						
好気性処理	1	1	1	1						
標準脱窒素	5	5	5	4						
高負荷脱窒素処理	3	3	3	3						
膜分離処理	1	1	0	0						
その他	11	10	11	10						

3. 算定方法の時系列変更・改善経緯

(1) 初期割当量報告書における算定方法

1) 排出・吸収量算定式

現行の排出量算定式と同様。

2) 排出係数

現行の排出量算定式と同様。

3) 活動量

現行の活動量と同様。