2.E.1 - 半導体
（Semiconductor）（N_2O）

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

半導体・液晶製造工程において、絶縁酸化膜形成のための酸化剤として N_2O が使用され、未反応分の N_2O が大気中に排出される。

1.2 排出・吸収トレンド及びその要因

高純度亜酸化窒素は、半導体 CVD プロセス[1]で絶縁酸化膜形成用ガスとしてこれまで使用されてきたが、近年、液晶ディスプレイ製造時の酸化膜の酸素源としての用途が拡大して消費量が大きく伸びており、排出量も 2012 年度以降、一貫して増加傾向にあったが、2017 年度及び 2018 年度で減少した後、2019 年度以降は再び増加傾向となった。2020 年度から 2022 年度にかけて増加を続けていたが、2023 年度以降は半導体の出荷額の減少に伴い減少した。

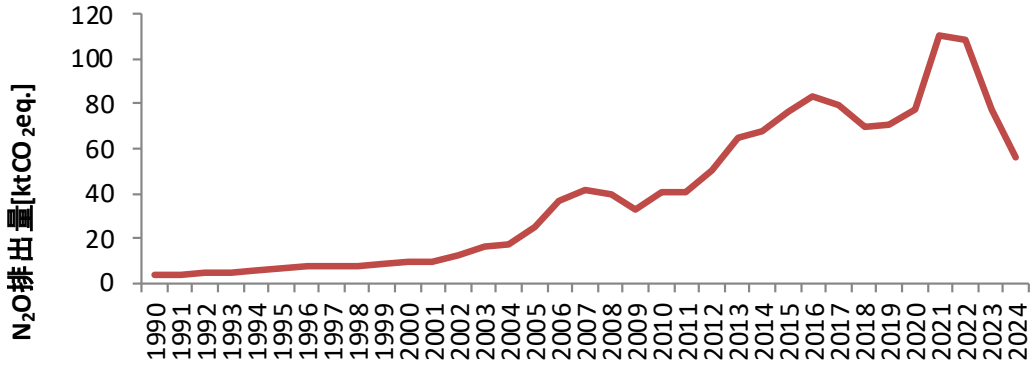


図 1　半導体・液晶製造工程における N_2O 利用に伴う排出量の推移

2．排出・吸収量算定方法

2.1 排出・吸収量算定式

2019 年改良 IPCC ガイドラインの Tier 2c 算定方法に基づき、排出量を算定した。

$$E = \Sigma_p \left(C_p \times (1 - U_p) \times (1 - D_p) \right)$$

E　：製造プロセスへの投入 N_2O ガスの未反応分の排出量［t］
P　：プロセス（薄膜ダイオード（TFD）（200mm 以下）、TFD（300mm）、その他）
Cp　：プロセス p に投入された N_2O ガスの使用量［t］
Up　：プロセス p における N_2O ガスの反応率
Dp　：プロセス p 全体における排出制御システムによる削減率

[1] Chemical Vapor Deposition（化学気相成長法）：加熱した基板上に、目的とする薄膜の成分を含む原料ガスを供給し、基板表面での化学反応により、基板表面に薄膜を形成する製法。

ここで、

$$D_p = d_p \times r_p$$

dp　：プロセス p における除害効率
rp　：プロセス p における除害処理率

2.2 排出係数

N_2O ガスの反応率及び除害効率は、2019 年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト値を用いた。除害処理率は、電子情報技術産業協会（JEITA）が除害装置の設置率及び稼働率に基づき算定した値を用いた。

表 1 半導体製造時の N_2O ガスの反応率及び除害効率

プロセス	TFD（200mm 以下）	TFD（300mm）	その他
N_2O の反応率	0	0.5	0
除害効率	0.6		

（出典）2019 年改良 IPCC ガイドライン（Vol.3 Table 6.10、Table 6.11 及び Table 6.17）

表 2 N_2O ガスの除害処理率

プロセス	1990～2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
TFD（200mm 以下）	0.572	0.512	0.524	0.551
TFD（300mm）	1.000	1.000	0.919	1.000
その他	0.698	0.816	0.827	0.897

2.3 活動量

N_2O ガスの使用量は、日本産業・医療ガス協会（JIMGA）ウェブサイトにおいて報告されている半導体材料ガス（N_2O）国内販売量を用いた。各プロセスにおける使用量は、JEITA による N_2O ガスの購入量･使用量データに基づくプロセスの構成比を用いて推計した。データの不足する 2020 年以前は、2021 年の構成比を用いた。過少推計を避けるため、ヒール（容器への残存分）はゼロとみなしている。

表 3 活動量（半導体・液晶製造用 N_2O 出荷量）の推移 [t]

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
半導体材料ガス用N_2O出荷量	50	60	63	72	80	95	105	117	117	125

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
半導体材料ガス用N_2O出荷量	146	145	185	240	260	375	545	610	580	481

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
半導体材料ガス用N_2O出荷量	603	593	740	951	993	1,129	1,220	1,176	1,030	1,043

	2020	2021	2022	2023	2024
半導体材料ガス用N_2O出荷量	1,139	1,626	1,689	1,113	907

（出典）JIMGA ウェブサイトより。
※過去データについては現在非公表のため、同協会提供値を使用。

３．算定方法の時系列変更・改善経緯

表 4　初期割当量報告書（2006 年提出）以降の算定方法等の改訂経緯概要

	初期割当量報告書（2006 年提出）	2015 年提出	2024 年提出	2025 年提出
排出・吸収量 算定式	未計上	新規に排出量を計上。	計上区分を「2.G.3 製品の使用からの N_2O」から「2.E.1 半導体」へと変更。	2019 年改良 IPCC ガイドラインの適用に伴い、Tier 2c の手法を用いた算定方法へと変更。
排出係数	未計上	活動量が排出量と等しいとするため、排出係数の設定なし。	－	2019 年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト値を利用。
活動量	未計上	半導体・液晶製造用 N_2O 出荷量を活動量として使用。	－	各プロセスにおける使用量は、JEITA による N_2O ガスの購入量・使用量データに基づくプロセスの構成比を用いて推計。

（１）初期割当量報告書における算定方法

2006 年 IPCC ガイドラインから新たに追加された排出源であり、初期割当量報告書では算定対象とはされていなかった。

（２）2015 年提出インベントリにおける算定方法

本排出源は 2006 年 IPCC ガイドラインにおいて新たに設定された排出源であり、2015 年提出インベントリにおいて初めて排出量が計上された。

1）排出・吸収量算定式

半導体・液晶製造用 N_2O 出荷量全量を排出量とする。

2）排出係数

活動量が排出量と等しいとするため、排出係数は設定しない。

3）活動量

JIMGA において公表されている半導体・液晶製造用 N_2O 出荷量を活動量とする。

（３）2024 年提出インベントリにおける算定方法

算定方法の変更はないが、インベントリ報告形式の変更に伴い、計上区分が「2.G.3 製品の使用からの N_2O」から「2.E.1 半導体」へと変更となった。

（４）2025 年提出インベントリにおける算定方法

2019 年改良 IPCC ガイドラインにおける「半導体（2.E.1）」ならびに「液晶（2.E.2）」の Tier 2c 法を踏まえて算定を行い、報告することとした（現行の算定方法と同様。）。