2.B.1 アンモニア製造（Ammonia Production）（CO_2）

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

アンモニア（NH_3）は様々な化学産業における重要な窒素供給源となり、硝酸などの基礎化学品、硫安などの窒素肥料等の原料として利用されている。工業的には、水素と窒素を触媒存在下で直接反応させることで製造され（ハーバー・ボッシュ法（下式（4））、原料の炭化水素を分解して H_2 を生成する過程で CO_2 が排出される（下式（1）～（4）参照。）。

①一次改質反応

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2 \quad (1)$$

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 \quad (2)$$

②二次改質反応

$$CH_4 + air \rightarrow CO + 2H_2 + 2N_2 \quad (3)$$

①と②を合わせた反応

$$0.88CH_4 + 1.26Air + 1.24H_2O \rightarrow 0.88CO_2 + N_2 + 3H_2 \quad (4)$$

アンモニア合成反応

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3 \quad (5)$$

1.2 排出・吸収トレンド及びその要因

近年は硝酸等の誘導品の需要が全般に低迷しており、アンモニアの生産量が減少傾向にあるものの、炭酸ガス利用のために回収される CO_2 との収支により、アンモニア製造に伴う CO_2 排出量は、それほど明確な減少傾向とはなっていなかったが、2010 年代半ば以降はやや減少傾向が続いている。

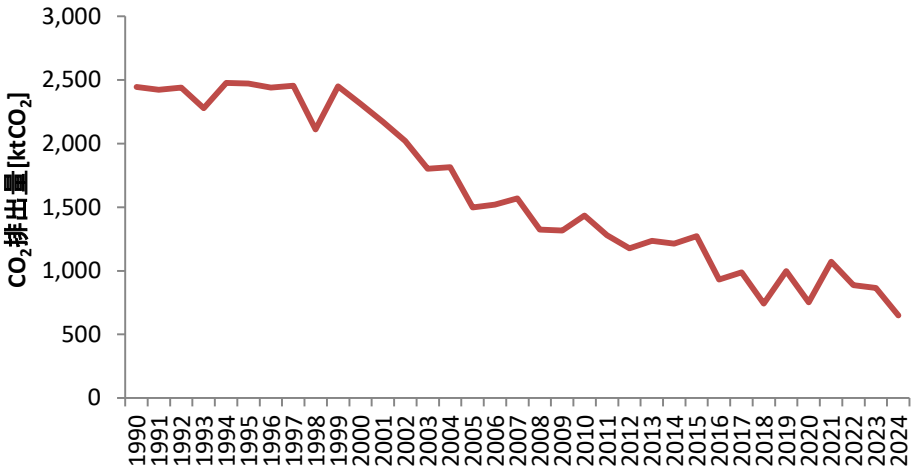


図 1　アンモニア製造からの CO_2 排出量の推移

2．排出・吸収量算定方法

2.1 排出・吸収量算定式

アンモニアの原料として使用された各燃料種の消費量に我が国独自の排出係数を乗じて、CO_2排出量を算定し、別途把握されたアンモニア製造からの CO_2 回収量（「2.H.3. 炭酸ガスの利用」を参照）を控除している。なお、1990～1993 年度、1997～1999 年度、2003 年度、2004 年度については、アンモニア製造プロセスから回収された炭酸ガスが CCS の実証試験において地中圧入されたため、さらに CCS による CO_2 回収量を控除している。

$$E = \sum_i AD_i * GCV_i * EF_i * 44/12 - R - CCS$$

E ：アンモニア製造に伴う CO_2 排出量［t-CO_2］
ADi ：原料 *i* の消費量［t, kl, 10^3m^3］
GCVi ：原料 *i* の高位発熱量［MJ/kg, MJ/l, MJ/m^3N］
EFi ：原料 *i* の炭素排出係数［t-C/TJ］
R ：アンモニア製造における炭酸ガスの利用に係る CO_2 回収量［t-CO_2］
CCS ：CCS による CO_2 回収量［t-CO_2］

2.2 排出係数

燃料の燃焼分野からの CO_2 排出量の算定に使用されているものと同様の我が国独自の燃料種別炭素排出係数を用いている。

表 1　燃料種別炭素排出係数［tC/TJ］

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
ナフサ	tC/TJ	18.17	18.17	18.17	18.17	18.17	18.17	18.17	18.17	18.17	18.17
LPG	tC/TJ	16.54	16.54	16.53	16.52	16.53	16.51	16.51	16.50	16.50	16.49
石油系炭化水素ガス	tC/TJ	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15
天然ガス	tC/TJ	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90
石炭(一般炭・輸入)	tC/TJ	24.71	24.71	24.71	24.71	24.71	24.71	24.71	24.71	24.71	24.71
オイルコークス	tC/TJ	25.35	25.35	25.35	25.35	25.35	25.35	25.35	25.35	25.35	25.35
LNG	tC/TJ	13.94	13.94	13.95	13.95	13.95	13.95	13.95	13.95	13.94	13.94
COG	tC/TJ	10.99	10.99	10.99	10.99	10.99	10.99	10.99	10.99	10.99	10.99

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ナフサ	tC/TJ	18.17	18.17	18.17	18.17	18.17	18.17	18.17	18.17	18.17	18.17
LPG	tC/TJ	16.49	16.48	16.49	16.47	16.48	16.48	16.48	16.48	16.48	16.48
石油系炭化水素ガス	tC/TJ	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15
天然ガス	tC/TJ	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90
石炭(一般炭・輸入)	tC/TJ	24.71	24.71	24.71	24.71	24.71	24.71	24.71	24.71	24.71	24.71
オイルコークス	tC/TJ	25.35	25.35	25.35	25.35	25.35	25.35	25.35	25.35	25.35	25.35
LNG	tC/TJ	13.94	13.94	13.94	13.94	13.95	13.94	13.95	13.95	13.95	13.95
COG	tC/TJ	10.99	10.99	10.99	10.99	10.99	10.99	10.99	10.99	10.99	10.99

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ナフサ	tC/TJ	18.17	18.17	18.17	18.63	18.63	18.63	18.63	18.63	18.63	18.63
LPG	tC/TJ	16.47	16.47	16.47	16.38	16.37	16.36	16.36	16.35	16.36	16.36
石油系炭化水素ガス	tC/TJ	14.15	14.15	14.15	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44
天然ガス	tC/TJ	13.90	13.90	13.90	13.97	13.97	13.97	13.97	13.97	13.91	13.91
石炭(一般炭・輸入)	tC/TJ	24.71	24.71	24.71	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.29	24.29
オイルコークス	tC/TJ	25.35	25.35	25.35	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50
LNG	tC/TJ	13.95	13.95	13.96	13.96	13.95	13.96	13.96	13.96	13.87	13.87
COG	tC/TJ	10.99	10.99	10.99	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93	10.88	10.88

		2020	2021	2022	2023	2024
ナフサ	tC/TJ	18.63	18.63	18.63	18.63	18.63
LPG	tC/TJ	16.34	16.34	16.34	16.35	16.34
石油系炭化水素ガス	tC/TJ	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44
天然ガス	tC/TJ	13.91	13.91	13.91	13.90	13.90
石炭(一般炭・輸入)	tC/TJ	24.29	24.29	24.29	24.76	24.76
オイルコークス	tC/TJ	24.50	24.80	24.80	24.80	24.80
LNG	tC/TJ	13.86	13.86	13.87	13.84	13.84
COG	tC/TJ	10.88	10.88	10.88	10.79	10.79

（出典）日本国温室効果ガスインベントリ報告書（環境省・国立環境研究所 温室効果ガスインベントリオフィス）

2.3 活動量

「石油等消費動態統計年報（経済産業省）」に示された燃料消費量に、「総合エネルギー統計（資源エネルギー庁）」に示された燃料種別総発熱量を乗じてエネルギー換算した値を用いる。なお、一部の燃料種の消費量については秘匿データとなっている。

表 2　活動量（アンモニア製造における原料消費量）の推移

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
ナフサ	kl	189,714	176,578	190,656	213,355	342,148	477,539	443,661	435,740	310,695	467,436
LPG	t	226,593	226,018	205,829	168,093	141,525	45,932	70,713	99,342	107,392	21,473
石油系炭化水素ガス	10^3m^3	C	C	C	198,704	208,815	230,972	240,750	236,330	233,075	227,997
天然ガス	10^3m^3	C	C	C	C	C	100,468	103,400	99,906	74,733	80,485
石炭(一般炭・輸入)	t	C	C	C	209,041	212,879	209,839	52,217	31,577	690	1,032
オイルコークス	t	C	C	C	259,031	265,807	273,125	381,885	372,838	383,438	435,966
LNG	t	C	C	C	72,926	C	46,501	50,630	30,175	12,962	22,350
COG	10^3m^3	C	C	C	33,012	36,198	35,860	33,392	26,113	50,604	58,166

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ナフサ	kl	406,958	268,562	156,218	97,777	91,729	92,453	80,755	77,214	67,062	72,045
LPG	t	5,991	33,804	44,772	0	0	0	0	0	0	0
石油系炭化水素ガス	10^3m^3	240,200	261,287	225,168	168,645	167,345	147,502	149,927	144,196	151,553	140,783
天然ガス	10^3m^3	86,873	80,775	65,843	77,315	70,948	77,299	67,225	50,986	50,260	21,773
石炭(一般炭・輸入)	t	726	843	1,003	1,014	838	1,239	1,066	763	802	522
オイルコークス	t	420,862	427,244	385,680	390,357	373,492	353,983	365,068	407,213	336,633	351,594
LNG	t	23,395	21,404	109,681	139,773	176,140	165,606	180,923	180,161	162,342	145,699
COG	10^3m^3	55,333	3,835	0	0	0	0	0	0	0	0

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ナフサ	kl	70,067	67,646	67,869	71,494	66,079	73,612	18,421	0	0	0
LPG	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
石油系炭化水素ガス	10^3m^3	143,634	126,809	0	0	0	0	0	0	0	0
天然ガス	10^3m^3	41,640	41,169	45,808	47,956	51,858	17,498	637	979	1,011	906
石炭(一般炭・輸入)	t	629	879	390	919	787	362	891	483	928	450
オイルコークス	t	394,116	365,340	405,557	401,721	426,743	468,684	416,722	462,107	371,819	454,952
LNG	t	157,918	161,588	169,109	168,155	127,824	122,453	131,446	122,081	122,818	122,555
COG	10^3m^3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		2020	2021	2022	2023	2024
ナフサ	kl	0	0	0	0	0
LPG	t	0	0	0	0	0
石油系炭化水素ガス	10^3m^3	0	0	0	0	0
天然ガス	10^3m^3	941	278	947	439	541
石炭(一般炭・輸入)	t	845	499	934	424	684
オイルコークス	t	347,107	450,097	367,225	384,046	296,217
LNG	t	132,158	131,465	148,381	121,351	137,099
COG	10^3m^3	0	0	0	0	0

（出典）石油等消費動態統計年報（経済産業省）※C：秘匿値

表 3　燃料種別総発熱量

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
ナフサ	MJ/l	33.63	33.62	33.62	33.62	33.62	33.63	33.62	33.61	33.58	33.57
LPG	MJ/kg	50.53	50.55	50.57	50.59	50.59	50.63	50.63	50.66	50.68	50.69
石油系炭化水素ガス	MJ/m^{3}N	39.35	39.35	39.35	39.35	39.35	39.35	39.35	39.35	39.35	39.35
天然ガス	MJ/m^{3}N	42.09	42.23	42.24	42.32	42.21	42.39	42.56	42.75	42.76	42.63
石炭(一般炭・輸入)	MJ/kg	25.95	25.95	25.95	25.95	25.95	25.95	25.95	25.95	25.95	25.95
オイルコークス	MJ/kg	35.58	35.58	35.58	35.58	35.58	35.58	35.58	35.58	35.58	35.58
LNG	MJ/kg	54.54	54.54	54.53	54.53	54.53	54.53	54.52	54.52	54.52	54.52
COG	MJ/m^{3}N	21.51	21.55	21.63	21.62	21.56	21.57	21.57	21.45	21.40	21.35

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ナフサ	MJ/l	33.57	33.56	33.58	33.55	33.55	33.55	33.55	33.54	33.53	33.53
LPG	MJ/kg	50.70	50.73	50.72	50.75	50.73	50.75	50.74	50.73	50.73	50.72
石油系炭化水素ガス	MJ/m^{3}N	44.90	44.90	44.90	44.90	44.90	44.90	44.90	44.90	44.90	44.90
天然ガス	MJ/m^{3}N	42.55	42.89	42.54	42.91	42.39	42.87	43.57	44.61	44.71	44.84
石炭(一般炭・輸入)	MJ/kg	26.60	26.60	26.60	26.60	26.60	25.70	25.70	25.70	25.70	25.70
オイルコークス	MJ/kg	35.60	35.60	35.60	35.60	35.60	29.90	29.90	29.90	29.90	29.90
LNG	MJ/kg	54.52	54.51	54.51	54.51	54.51	54.51	54.50	54.49	54.50	54.49
COG	MJ/m^{3}N	21.27	21.32	21.15	21.36	21.36	21.42	21.38	21.28	21.20	21.15

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ナフサ	MJ/l	33.53	33.53	33.53	33.31	33.31	33.31	33.31	33.31	33.31	33.31
LPG	MJ/kg	50.77	50.76	50.78	50.07	50.09	50.10	50.10	50.11	50.10	50.10
石油系炭化水素ガス	MJ/m^{3}N	44.90	44.90	44.90	46.12	46.12	46.12	46.12	46.12	46.12	46.12
天然ガス	MJ/m^{3}N	44.67	44.74	44.75	39.62	39.62	39.62	39.62	39.62	38.38	38.38
石炭(一般炭・輸入)	MJ/kg	25.70	25.70	25.70	25.97	25.97	25.97	25.97	25.97	26.08	26.08
オイルコークス	MJ/kg	29.90	29.90	29.90	33.29	33.29	33.29	33.29	33.29	33.29	33.29
LNG	MJ/kg	54.49	54.48	54.47	54.46	54.46	54.46	54.46	54.46	54.70	54.71
COG	MJ/m^{3}N	21.32	21.12	20.75	18.87	18.87	18.87	18.87	18.87	18.38	18.38

		2020	2021	2022	2023	2024
ナフサ	MJ/l	33.31	33.31	33.31	33.32	33.32
LPG	MJ/kg	50.12	50.13	50.12	50.12	50.14
石油系炭化水素ガス	MJ/m^{3}N	46.12	46.12	46.12	42.41	42.41
天然ガス	MJ/m^{3}N	38.38	38.38	38.38	38.36	38.36
石炭(一般炭・輸入)	MJ/kg	26.08	26.08	26.08	25.88	25.88
オイルコークス	MJ/kg	33.29	34.11	34.11	34.11	34.11
LNG	MJ/kg	54.73	54.73	54.71	54.69	54.59
COG	MJ/m^{3}N	18.38	18.38	18.38	18.19	18.19

（出典）総合エネルギー統計（資源エネルギー庁）

CCS での地中圧入分の CO_2 量については、CO_2 の地中圧入試験を実施していた関係省庁、企業及び研究機関へのヒアリングにより得られた CCS の実施された 3 地域別圧入量データを使用する。

表 4　CCS による圧入量［kt-CO_2］

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
頸城	kt-CO_2	0.229	3.926	4.456	1.166	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
申川	kt-CO_2	0	0	0	0	0	0	0	2	5	3
長岡	kt-CO_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計圧入量	kt-CO_2	0.229	3.926	4.456	1.166	0	0	0	2.369	4.867	2.711

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
頸城	kt-CO_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
申川	kt-CO_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
長岡	kt-CO_2	0	0	0	4	6	0	0	0	0	0
合計圧入量	kt-CO_2	0	0	0	4	6.428	0	0	0	0	0

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
頸城	kt-CO_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
申川	kt-CO_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
長岡	kt-CO_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計圧入量	kt-CO_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		2020	2021	2022	2023	2024
頸城	kt-CO_2	0	0	0	0	0
申川	kt-CO_2	0	0	0	0	0
長岡	kt-CO_2	0	0	0	0	0
合計圧入量	kt-CO_2	0	0	0	0	0

（出典）CCS 実証試験実施機関へのヒアリング結果。

3．算定方法の時系列変更・改善経緯

表 5　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

	2015 年提出	2024 年提出
排出・吸収量算定式	CCS での地中圧入分の CO_2 量を排出量算定結果より控除。	炭酸ガスの利用のための CO_2 回収量を排出量算定結果より控除。
排出係数	―	―
活動量	―	―

（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

CCS での地中圧入分の CO_2 が未控除であった点を除き、現行の算定式と同様。

$$E = \sum_i AD_i * GCV_i * EF_i * 44/12$$

E　　：アンモニア製造に伴う CO_2 排出量［t-CO_2］
ADi　：原料 *i* の消費量［t, kl, 10^3m^3］
GCVi　：原料 *i* の高位発熱量［MJ/kg, MJ/l, MJ/m^3N］
EFi　：原料 *i* の炭素排出係数［t-C/TJ］

2）排出係数

現行の排出係数と同様。

3）活動量

現行の活動量と同様。

（2）2015 年提出インベントリにおける算定方法

1）排出・吸収量算定式

CCS の地中圧入試験を実施していた関係省庁、企業及び研究機関へのヒアリングにより、CCS での地中圧入分の CO_2 量が新たに把握されたため、当該 CO_2 排出を排出量算定結果より控除する方法に変更した。

2）排出係数

初期割当量報告書における排出係数と同様（現行の排出係数と同様。）。

3）活動量

初期割当量報告書における活動量と同様（現行の活動量と同様。）。

（3）2024 年提出インベントリにおける算定方法

1）排出・吸収量算定式

新たに業界団体調査より把握した炭酸ガスの利用のための CO_2 回収量を排出量算定結果より控除する方法に変更した（現行の算定式と同様。）。

2）排出係数

初期割当量報告書における排出係数と同様（現行の排出係数と同様。）。

3）活動量

初期割当量報告書における活動量と同様（現行の活動量と同様。）。