2.B.6 二酸化チタン製造（Titanium Dioxide 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

二酸化チタン（TiO_2）は白色顔料の一種であり、紙、プラスチック、ゴム、セラミック、織物、床カバー、印刷インキ及び塗料等の顔料として一般的に使用されている。結晶構造によってアナターゼ型（正方晶）とルチル型（正方晶）に分類され、アナターゼ型は硫酸チタンを加水分解して焼成（硫酸法）、あるいはチタンスラグから製造され、ルチル型は合成ルチルからの分離、あるいは塩化チタンに高温で酸素と反応させて製造される（塩素法）。

チタンスラグ製造における電気炉での炭素電極の酸化反応、合成ルチル製造中の黒炭の酸化反応及び塩素法におけるオイルコークスの酸化反応により CO_2 が排出される。塩素法による CO_2 発生メカニズムは下式のとおりである。

$$2TiO_2 + 4Cl_2 + 3C \rightarrow 2TiCl_4 + 2CO + CO_2$$
$$TiCl_4 + O_2 \rightarrow TiO_2 + 2Cl_2$$

我が国では、1990～1992 年度まで合成ルチルが生産されていたほか、塩素法による二酸化チタンの製造が行われており、本排出源においてはその双方の製造プロセスからの排出量を算定対象とする。なお、チタンスラグ製造時の炭素電極からの排出については、「2.C.1.a 鉄鋼製造における電気炉の使用」における電気炉の使用に伴う排出において計上されている[1]。

1.2 排出・吸収トレンド及びその要因

二酸化チタン製造からの CO_2 排出量は、1990～1992 年度にかけては合成ルチル由来の排出量が存在したが、1993 年度に合成ルチルが全量輸入に切り替わったことにより、1993 年度以降排出量は大きく減少している。1992 年度以降は塩素法による製造時の排出量のみが計上されており、塩素法による二酸化チタン生産量の増加に伴い、排出量もやや増加傾向となっていたが、近年は増減を繰り返しつつ横ばい傾向になりつつある。

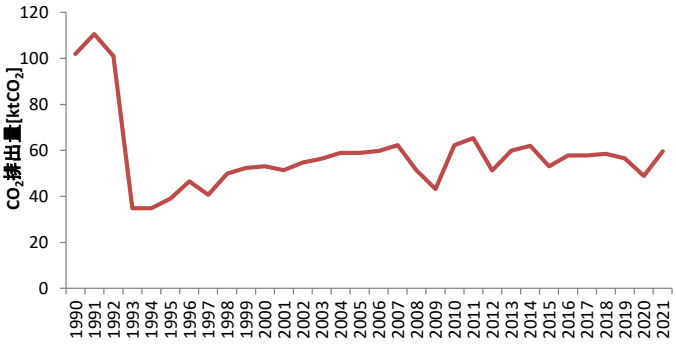

図 1　二酸化チタン製造からの CO_2 排出量の推移

[1] 計上カテゴリーは鉄鋼製造であるが、活動量は国内で消費される炭素電極の全消費量であり、鉄鋼製造以外で消費される炭素電極由来の CO_2 排出量も実質的に含まれている。

2．排出・吸収量算定方法

2.1 排出・吸収量算定式

塩素法による二酸化チタンについては、2006 年 IPCC ガイドラインの Tier 1 手法に基づき、CO_2 排出を伴う塩素法により生産される二酸化チタン生産量（ルチル型及びアナタース型）に、事業者固有の排出係数を乗じて排出量を算定する。

合成ルチルについては、同様に 2006 年 IPCC ガイドラインの Tier 1 手法に基づき、合成ルチル生産量に、2006 年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルトの排出係数を乗じて排出量を算定する。

$$E = AD_1 * EF_1 + AD_2 * EF_2$$

E ：二酸化チタン製造に伴う CO_2 排出量［t-CO_2］
AD_1 ：塩素法による二酸化チタン生産量［t-生産量］
EF_1 ：塩素法による二酸化チタン生産量当たりの排出係数［t-CO_2 /t-生産量］
AD_2 ：合成ルチル生産量［t-生産量］
EF_2 ：合成ルチル生産量当たりの排出係数［t-CO_2 /t-生産量］

2.2 排出係数

塩素法による二酸化チタンについては、事業者において、プロセスへのコークス投入量等を基に以下の式により算出された排出係数を使用する。

CO_2 排出量 ＝（コークス投入量－キャリーオーバー量[2]）× コークス固定炭素純度 × 44/12
CO_2 排出係数 ＝ CO_2 排出量 / 二酸化チタン生産量

なお、上記算出法により排出係数が得られているのは 2011～2013 年度の 3 か年度のみのため、1990～2010 年度については、2011～2013 年度の 3 か年の平均値を使用する。

表 1　排出係数の推移（塩素法による二酸化チタン製造）［t-CO_2/t-生産量］

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排出係数	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排出係数	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排出係数	0.83	0.87	0.80	0.81	0.86	0.77	0.78	0.77	0.75	0.79

	2020	2021
排出係数	0.79	0.79

（出典）酸化チタン工業会

また、合成ルチルについては、固有の排出係数が得られていないため、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値（1.43 t-CO_2/t）を用いる。

[2] 未反応のまま残った原料。

2.3 活動量

塩素法による二酸化チタン生産量は、酸化チタン工業会からの提供データを用いる（表 2 参照）。

合成ルチル生産量は、経済産業省提供の 1990～1992 年度における我が国の合成ルチル生産量を用いる（表 3 参照）。

表 2 活動量（塩素法による二酸化チタン生産量）の推移［千 t-生産量］

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
塩素法による二酸化チタン生産量	42	42	42	42	42	47	56	49	60	63

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
塩素法による二酸化チタン生産量	64	42	42	42	42	47	56	49	60	63

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
塩素法による二酸化チタン生産量	75	75	64	74	72	69	74	75	78	72

	2020	2021
塩素法による二酸化チタン生産量	62	76

（出典）酸化チタン工業会提供値

表 3 活動量（合成ルチル生産量）の推移［千 t-生産量］

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
合成ルチル生産量	47	53	46	-	-	-	-	-	-	-

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
合成ルチル生産量	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
合成ルチル生産量	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	2020	2021
合成ルチル生産量	-	-

（出典）経済産業省提供値※1993 年度以降は全量輸入に切り替わったため、国内生産実績なし。

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
排出・吸収量算定式	未計上	新規に排出量を計上。
排出係数	未計上	―
活動量	未計上	―

（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にはしていなかった。

（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（現行の算定方法と同様。）。