2.C.3 アルミニウム製造（Aluminum 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

アルミニウムはボーキサイト鉱石を原料としてホール・エルー法で生産される。ホール・エルー法では、ボーキサイトを水酸化ナトリウムで処理してアルミナ（酸化アルミニウム、Al_2O_3）を取り出した後（バイヤー法）、氷晶石（ヘキサフルオロアルミン酸ナトリウム、Na_3AlF_6）とともに溶融し、電気分解を行うことでアルミニウムを取り出す。使用されるアルミニウム電解炉は炭素電極の供給形式によって、“Prebake” と “Søderberg” に分かれ、さらに電極の形状によって、“Prebake” は “Centre-Worked Prebake (CWPB)”と“Side-Worked Prebake (SWPB)”、“Søderberg”は“Horizontal Stud Søderberg (HSS)”と“Vertical Stud Søderberg (VSS)”といったように 4 種類に分類されるが、いずれも、下式のとおり、還元剤として使用される陽極ペーストの酸化によって CO_2 が排出される。

$$2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 4Al + 3CO_2$$

また、アルミナの製造工程として、従来のバイヤー法の代替となる、バイヤー焼結並列（BSP）法、バイヤー焼結逐次（BSS）法、及びネフェリン処理（NP）法では、製品の収率を向上させるため、固体のアルミン酸ナトリウム焼結体を生成する焼結プロセス（Sintering）が含まれ、炭酸塩の分解により CO_2 が発生するとされる。ただし、日本ではこれらのアルミナ製造法は実施されていなかったため、日本のインベントリでは当該排出量は算定対象外となる。

1.2 排出・吸収トレンド及びその要因

我が国のアルミニウム精錬は二度のオイルショックによる電力価格高騰の影響を受け、1980 年代に大幅に衰退した。1990 年以降も段階的に減少傾向にあったが、2014 年 3 月末には完全撤退し、2015 年以降、国内で供給されるアルミニウム地金はアルミニウム屑からのリサイクル品や輸入品のみとなっており、アルミニウムの一次精錬は行われていない。したがって、アルミニウム製造からの CO_2 排出量も 2015 年以降は 0 となっている（インベントリ上は、「NO（該当する排出活動が存在しない）」として報告。）。

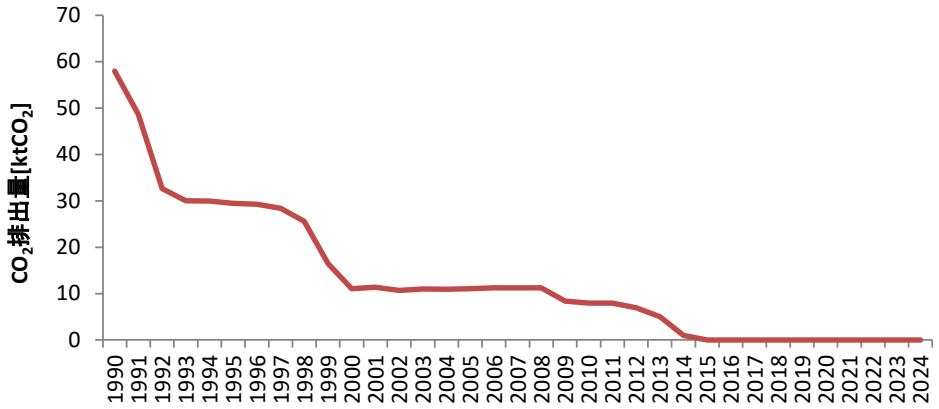


図 1　アルミニウム製造からの CO_2 排出量の推移

2．排出・吸収量算定方法

2.1 排出・吸収量算定式

一次精錬によるアルミニウム生産量に生産量当たり CO_2 排出係数を乗じることで算定する。2006 年 IPCC ガイドラインの Tier 1 算定方法では、“Prebake”と“Søderberg”の 2 種類のプロセス技術別に排出量を算定することとされているが、1990 年以降、国内唯一のアルミニウム精錬工場であった日本軽金属株式会社の蒲原製造所では“Søderberg”による電解方法が採用されていたことから、ここでは“Søderberg”によるアルミニウムの一次精錬に伴う CO_2 排出量のみを算定する。

$$E = AD * EF$$

E　　：一次精錬によるアルミニウム製造に伴う CO_2 排出量［kt-CO_2］
AD　　：一次精錬によるアルミニウム生産量［kt］
EF　　：アルミニウム生産量当たり CO_2 排出係数［kt-CO_2/kt］

2.2 排出係数

2006 年 IPCC ガイドラインで提供されている、“Søderberg”技術におけるデフォルト排出係数である 1.7 t-CO_2/t-Al を使用する。

2.3 活動量

「資源統計年報（経済産業省）」（1990～1997 年）、「フロン類等対策ワーキンググループ（旧経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会）資料」（1998 年～）に示されたアルミニウム生産量（2014 年に生産終了）を用いる。なお、この活動量データは現行インベントリにおいて、既に計上されているアルミニウム製造からの PFCs 排出量の算定に使用している活動量データと共通のものである。（表 1 参照）。

表 1　活動量（アルミニウム生産量）の推移 [t]

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
アルミニウム生産量	34,100	28,618	19,182	17,668	17,627	17,338	17,198	16,709	15,045	9,676

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
アルミニウム生産量	6,500	6,675	6,300	6,466	6,432	6,490	6,600	6,610	6,600	4,930

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
アルミニウム生産量	4,670	4,670	4,075	2,950	588	-	-	-	-	-

	2020	2021	2022	2023	2024
アルミニウム生産量	-	-	-	-	-

（出典）資源統計年報（経済産業省）（1990～1997 年）、フロン類等対策ワーキンググループ（旧経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会）資料（1998 年～）

３．算定方法の時系列変更・改善経緯

表 2　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）	2021 年提出	2023 年提出
排出・吸収量算定式	未計上	新規に排出量を計上するとともに「2.C.1. 鉄鋼製造」の炭素電極由来の排出量から当該排出量を控除。	2019 年改良版において「2.C.3 アルミニウム製造」のカテゴリーにアルミナ製造からの CO_2 排出量の算定方法が新たに追加されたため、計上を検討。
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

アルミニウム精錬において還元剤として使用される陽極ペーストの主原料であるコークスの使用量は「1.A. 燃料の燃焼」における燃料使用量に含まれており、還元剤として使用されるコークスの酸化により発生する CO_2 は「1.A. 燃料の燃焼」において既に算定されていることから「IE（他の排出源に含まれる）」と報告していた。

（２）2021 年提出インベントリにおける算定方法

2020 年提出インベントリまでは、アルミニウムの精錬において排出される CO_2 は「1.A. 燃料の燃焼」において既に算定されているとの認識により「IE」と報告していた。一方で、「2.C.1.a. 鉄鋼製造における電気炉の使用」で活動量として設定している国内の炭素電極消費量全量は鉄鋼用途に限定していないことから、アルミ精錬用の陽極ペーストも含まれると考えられ、アルミニウム製造における炭素電極からの CO_2 排出量が「2.C.1.a. 鉄鋼製造における電気炉の使用」と「1.A. 燃料の燃焼」の間で二重計上となっている可能性があるとの課題があった。

上記課題について、令和 2 年度の温室効果ガス排出量算定方法検討会において検討した結果、「1.A. 燃料の燃焼」との排出量の二重計上の有無は明確にはできなかったものの、排出量の過少推計を回避するため、炭素電極由来の CO_2 排出量は引き続き IPPU 分野においても計上することとなった。さらに、併せて、各国間におけるインベントリの比較可能性を担保するため、「2.C.3. アルミニウム製造」の CO_2 排出量を新たに算定・追加計上するとともに、「2.C.1. 鉄鋼製造」の炭素電極由来の排出量から当該排出量を差し引くこととなった（現行の算定方法と同様。）。

（３）2023 年提出インベントリにおける算定方法

2006 年 IPCC ガイドラインの 2019 年改良版において「2.C.3. アルミニウム製造」のカテゴリーに、アルミナ製造からの CO_2 排出量の算定方法が新たに追加されたことから、排出量の計上が検討された。検討の結果、新たに追加されたアルミナ製造からの CO_2 排出量に関する算定方法では、我が国のアルミナ製造で採用されていた製造方法（バイヤー法）については算定対象外とされていることから、算定は行わないこととなった。