2.A.2 石灰製造（Lime 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

生石灰は主成分である酸化カルシウム（CaO）のほか、微量の酸化マグネシウム（MgO）等からなる白色粉末であり、鉄鋼、排ガス処理、土質安定処理・建材原料等に幅広く利用されている。原料となる石灰石は、炭酸カルシウム（$CaCO_3$）を主成分としてほかに炭酸マグネシウム（$MgCO_3$）等を含む我が国を代表する鉱物資源であり、焼成して生石灰を製造する際に、$CaCO_3$、$MgCO_3$ が加熱分解されて CaO、MgO になるとともに CO_2 が放出される（下式参照）。

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$
$$MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$$

1.2 排出・吸収トレンド及びその要因

生石灰製造に伴う CO_2 排出量は、2000 年代に入って以降、石灰生産量増加により増加傾向であったが、世界的な景気後退に伴う生産量の低下に伴い、2008 年度、2009 年度と急激に排出量が減少した。2010 年度には生産量の回復に伴い再び排出量も増加したものの、東日本大震災・円高・タイの洪水・世界経済の減速等を背景に再び生産量が減少し、2011 年度、2012 年度と排出量は減少傾向となった。2013 年度以降は大きな変動もなく、ほぼ横ばいで推移している。

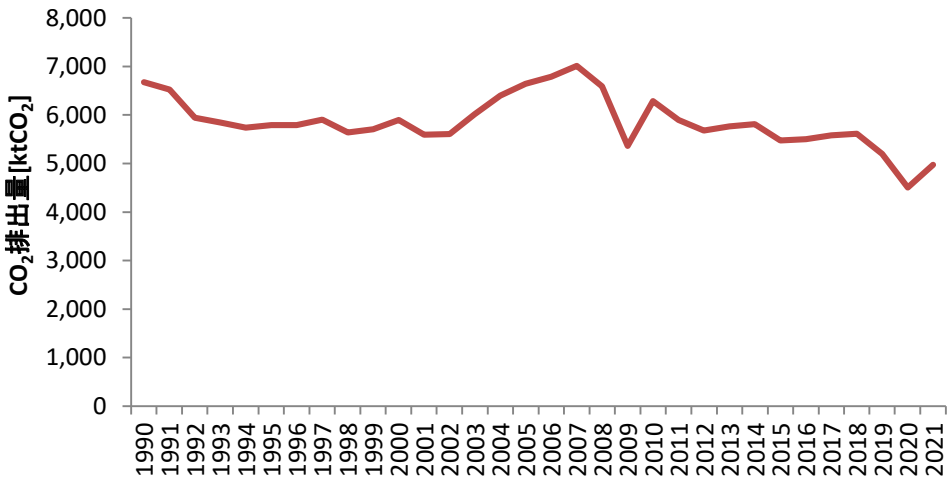

図 1　生石灰製造からの CO_2 排出量の推移

2．排出・吸収量算定方法

2.1 排出・吸収量算定式

生石灰製造用の石灰石消費量に、我が国独自の石灰石消費量当たりの排出係数を乗じて CO_2 排出量を算定している。なお、活動量として使用する石灰石消費量は乾重量である。

$$E = AD*EF$$

E　：生石灰製造に伴う CO_2 排出量［t-CO_2］
AD　：石灰石消費量（乾重量）［t-原料］
EF　：石灰石消費量（乾重量）当たりの排出係数［t-CO_2/t-原料］

2.2 排出係数

原料消費量（石灰石）当たりの排出係数（0.428 t-CO_2/t-原料）を全年度共通で使用している。本排出係数は、2009 年度の算定方法改訂に際して日本石灰協会から提供されたものであり、原料成分や生石灰製品中の炭素量等を基に主要会員企業が推計した地方別の原料当たり CO_2 排出量を、各地方の生石灰生産量で加重平均したものである。なお、年変動が少ないと考えられるため全年度一定値としている。

2.3 活動量

「不均一価格物量表（経済産業研究所）」[1]の窯業他窯業土石製品における生石灰･消石灰用途の石灰石消費量を使用している。なお、「不均一価格物量表」の値は湿重量のため、セメント協会提供の石灰石含水率を用いて、乾重量＝湿重量×（1－含水率）により、乾重量に換算している。

表 1　活動量（生石灰･消石灰用途の石灰石消費量）の推移

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
石灰石消費量(湿重量)	千t	16,143	15,764	14,351	14,116	13,855	14,002	13,973	14,250	13,609	13,752
水分含有率	%	3.4%	3.3%	3.2%	3.3%	3.2%	3.3%	3.2%	3.2%	3.2%	3.1%
石灰石消費量(乾重量)	千t	15,595	15,244	13,892	13,650	13,411	13,540	13,526	13,794	13,173	13,325

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
石灰石消費量(湿重量)	千t	14,226	13,477	13,520	14,506	15,428	16,008	16,368	16,925	15,911	12,962
水分含有率	%	3.1%	3.0%	3.1%	3.1%	3.1%	3.0%	3.1%	3.2%	3.2%	3.3%
石灰石消費量(乾重量)	千t	13,785	13,072	13,100	14,057	14,950	15,527	15,860	16,383	15,401	12,534

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
石灰石消費量(湿重量)	千t	15,185	14,245	13,708	13,905	14,028	13,234	13,285	13,476	13,567	12,538
水分含有率	%	3.3%	3.3%	3.2%	3.1%	3.2%	3.3%	3.2%	3.2%	3.3%	3.1%
石灰石消費量(乾重量)	千t	14,684	13,775	13,269	13,474	13,579	12,797	12,860	13,045	13,119	12,150

		2020	2021
石灰石消費量(湿重量)	千t	10,883	12,023
水分含有率	%	3.3%	3.4%
石灰石消費量(乾重量)	千t	10,524	11,614

（出典）石灰石消費量（湿重量）：不均一価格物量表（経済産業研究所）
水分含有率：石灰石含水率（セメント協会）
石灰石消費量（乾重量）：灰石消費量（湿重量）・水分含有率を基に算出。

[1] 戒能一成「産業連関表･鉱工業統計を用いた石灰石起源 CO_2 排出などの評価･検証」2010 年 4 月
＜http://www.rieti.go.jp/jp/publications/dp/10j026.pdf＞　（2015 年 5 月 20 日参照）

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

	2009 年提出	2011 年提出
排出・吸収量算定式	－	生石灰製造用の石灰石消費量を活動量とする算定式に変更。
排出係数	GPG (2000) におけるデフォルト値から日本石灰協会提供の我が国固有の値に変更（原料当たりの排出係数を生産量当たりの排出係数に換算して使用。）。	日本石灰協会提供の原料当たりの排出係数を生産量当たりの排出係数に換算することなく使用するように変更。
活動量	－	「不均一価格物量表」の窯業他窯業土石製品における生石灰・消石灰用途の石灰石消費量に変更。

（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

生石灰・軽焼ドロマイト生産量に排出係数を乗じて CO_2 排出量を算定していた。

$$E = AD * EF$$

E　：生石灰・軽焼ドロマイト製造に伴う CO_2 排出量［t-CO_2］
AD　：生石灰・軽焼ドロマイト生産量［t］
EF　：生石灰・軽焼ドロマイト生産量当たりの排出係数［t-CO_2/t］

2）排出係数

我が国固有の生石灰・軽焼ドロマイト生産量当たりの排出係数が未整備であったため、生石灰については Good Practice Guidance（GPG）（2000）に示されている“High-calcium lime”のデフォルト値 : 0.75 t-CO_2/t[2]、軽焼ドロマイトについては同様に GPG (2000) に示されている“Dolomitic lime”のデフォルト値 : 0.86 t-CO_2/t[2] を使用していた。なお、”Dolomitic lime”のデフォルト値としては、GPG（2000）には 0.77 t-CO_2/t も示されているが、GPG（2000）の「先進国は高い方の値を使用すべき」との記述を踏まえ、0.86 t-CO_2/t を採用した。

3）活動量

「化学工業統計年報（経済産業省）」における生石灰生産量及び「用途別需要動向（日本石灰協会）」における軽焼ドロマイト生産量を使用していた。

（２）2009 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

初期割当量報告書における算定式と同様。

2 IPCC, “Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories”, 1-8 May 2000, Chapter 3, p.3.22, table 3.4

2）排出係数

初期割当量報告書以降、排出係数については GPG（2000）におけるデフォルト値が使用されていたが、より我が国の実態を反映した算定方法とするため、日本石灰協会提供の我が国固有の値に変更した（表 3）。なお、日本石灰協会から提供されたのは原料当たりの排出係数であるため、同様に日本石灰協会から提供された原料当たりの生産量を使用して、生産量当たりの排出係数に換算して算定に使用していた（表 4）。

表 3　変更前後の排出係数

	生産量当たりの排出係数［t-CO_2/t-生産量］	
	変更前	変更後
生石灰	0.75	0.748
軽焼ドロマイト	0.86	0.815

（出典）変更前：GPG（2000）におけるデフォルト値
変更後：日本石灰協会提供値

表 4　排出係数の換算に使用した値

	原料当たりの排出係数［t-CO_2/t-原料］	原料当たりの生産量［t-生産量/ t-原料］	生産量当たりの排出係数［t-CO_2/t-生産量］
生石灰	0.428	0.572	0.748
軽焼ドロマイト	0.449	0.551	0.815

（出典）全て日本石灰協会提供値

3）活動量

初期割当量報告書における活動量と同様。

（3）2011 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

活動量が生石灰生産量から原料消費量（石灰石消費量）に変更されたことに伴い、排出量算定式も変更され、生石灰製造用の石灰石消費量に、我が国独自の石灰石消費量当たりの排出係数を乗じて CO_2 排出量を算定することとなった（現行の算定式と同様。）。

$$E = AD * EF$$

E　：生石灰製造に伴う CO_2 排出量［t-CO_2］
AD　：石灰石消費量［t-原料］
EF　：石灰石消費量当たりの排出係数［t-CO_2/t-原料］

2）排出係数

活動量が生石灰生産量から石灰石消費量に変更されたことに伴い、排出係数について、日本石灰協会提供の原料当たりの排出係数を生産量当たりの排出係数に換算することなく、そのまま使用することとなった（表 5）（現行の排出係数と同様。）。

表 5　変更前後の排出係数

	変更前 ［t-CO_2/t-生産量］	変更後 ［t-CO_2/t-原料］
生石灰	0.748	0.428
軽焼ドロマイト※	0.815	-

（出典）日本石灰協会提供値

※軽焼ドロマイトは「2.A.3 石灰石及びドロマイトの使用」（現行インベントリでは「2.A.4.d その他プロセスでの炭酸塩の使用（その他）」）に含まれることとなったため、「2.A.2 生石灰製造」の算定対象外となった。

3）活動量

セメント製造や鉄鋼業における石灰製造等、石灰石関連産業における各排出源間の二重計上及び計上漏れを解消するため、該当排出源における活動量の全面改訂が行われ、「2.A.1 セメント製造」以外[3]の石灰石起源 CO_2 排出量については、「不均一価格物量表」の部門別石灰石・ドロマイト消費量を活動量とすることになった。

それに伴い、「2.A.2 生石灰製造」についても、「化学工業統計年報」に示された生石灰生産量から、「不均一価格物量表」の窯業他窯業土石製品における生石灰･消石灰用途の石灰石消費量へと活動量の変更が行われた。なお、軽焼ドロマイト由来の排出量については、「2.A.3 石灰石及びドロマイトの使用」（現行インベントリでは「2.A.4.d その他プロセスでの炭酸塩の使用（その他）」）からの排出量に含まれるために算定対象から除外された（現行の活動量と同様。）。

[3] 「2.A.1 セメント製造」の排出量算定においては、IPCC ガイドライン上で石灰石ではなく中間生産物であるクリンカを活動量とすることがより精度の高い算定方法とされており、引き続きセメント協会が提供するクリンカ生産量を活動量とすることになった。