



RIETI Discussion Paper Series 10-J-026

# 産業連関表・鋳工業統計を用いた 石灰石起源 CO<sub>2</sub> 排出などの評価・検証

戒能 一成  
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<http://www.rieti.go.jp/jp/>

## 産業連関表・鋳工業統計を用いた石灰石起源CO<sub>2</sub>排出などの評価・検証

2010年 4月

戒能 一成 (C)\*

### 要 旨

現在の温室効果ガス算定方法のうち、石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出量の算定方法については、用途分類と技術分類による算定方法が混在しているため、重複・脱漏・過大推計などの可能性が指摘されている。

本研究においては、総合エネルギー統計において採用されている産業連関表・鋳工業統計を用いた推計手法を応用し、石灰石・ドロマイト及び関連誘導品に関する不均一価格物量表を作成して用途分類別消費量の全貌を最終消費側から把握し、当該用途分類毎に排出の有無に関する技術分類を行うことで活動量を推計して排出量を算定するという新たな算定方法を開発し、現在の算定方法による排出量と1990年から時系列で比較することによってこれを評価・検証することを試みた。

当該評価・検証の結果、石灰石・ドロマイト起源のCO<sub>2</sub>排出量は基準年である1990年については現行算定方法と本研究の方法で殆ど同じ結果になったが、以降極めて不安定かつ大きな誤差を生じ、2005～2007年平均では現行算定方法は約1.0 Mt-CO<sub>2</sub> ( 京都議定書基準年総排出量の約0.1% )に達する著しい過大推計となっている旨評価された。

当該不安定かつ大きな誤差を生じる要因を分析し検証した結果、現行算定手法が供給側統計と最終消費側の統計を混在させて推計を行っているため、鉄鋼業などでの石灰石関連誘導品の内部・委託生産分で大規模な重複計上を生じ、陶磁器用・排煙脱硫用など大規模な排出用途が推計から多数脱漏しているなど、現行算定手法が内包する数Mt-CO<sub>2</sub>規模の複数の誤差要因が相互に干渉・相殺し見掛けの誤差を発生させていたためと判明した。

今後、石灰石・ドロマイト及び関連誘導品の需給に関する関係業界団体・有識者の協力を得、必要最小限の正確な情報を更新した上で、早急に当該部分の算定方法を改定して再計算を実施すべきである。

キーワード： 産業連関表、温室効果ガス排出量、石灰石・ドロマイト

JEL Classification: C82, Q51, L72

\* 本資料中の分析・試算結果等は筆者個人の見解を示すものであって、筆者が現在所属する独立行政法人経済産業研究所、国立大学法人大阪大学、慶應義塾大学産業研究所などの組織の見解を示すものではないことに注意ありたい。

# 産業連関表・鋳工業統計を用いた石灰石起源CO<sub>2</sub> 排出などの評価・検証

## - 目 次 -

### 要 旨

### 目 次

### 本 論

#### 1. 現状と問題意識

- 1-1. 現状の石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> 排出量算定方法概要
- 1-2. 問題意識と本研究の目的

#### 2. 産業連関表・鋳工業統計を用いた石灰石起源CO<sub>2</sub> 排出などの新たな算定方法

- 2-1. 石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> 排出量の評価・検証方法
- 2-2. 産業連関表・鋳工業統計を用いた不均一価格物量表の作成及び排出・非排出推計

#### 3. 新たな算定方法を用いた石灰石起源CO<sub>2</sub> などの排出量

- 3-1. 新たな算定方法による石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> 排出量の推計結果
- 3-2. 新たな算定方法による排出量推計値と現状の算定方法による排出量の比較

#### 4. 考察と提言

- 4-1. 考 察 - 現状の算定方法による排出量の評価・検証 -
- 4-2. 提 言

### 別掲図表

### 補 論

- 補論1. 石灰石・ドロマイトの原材料使用量などの回帰分析による推計結果
- 補論2. 石灰石・ドロマイト及び関連誘導品と CO<sub>2</sub> の重量換算表

### 参考文献・統計資料

2010年 4月  
戒能一成 (C)

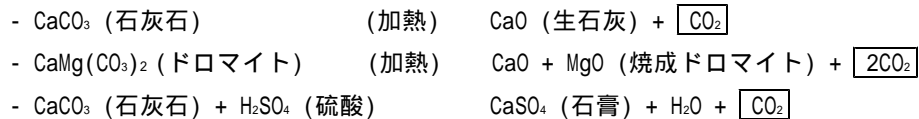
## 1. 現状と問題意識

### 1-1. 現状の石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> 排出量算定方法概要

#### 1-1-1. 石灰石・ドロマイトとCO<sub>2</sub>排出

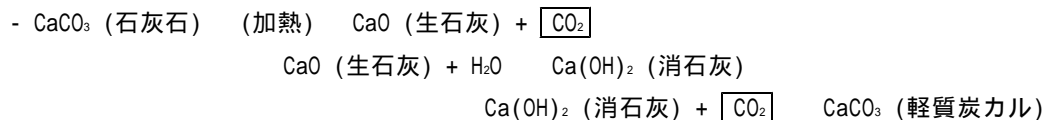
石灰石・ドロマイト<sup>\*1</sup>などの炭酸塩鉱物については、加熱や化学反応により炭酸基部分が分解すると温室効果ガスであるCO<sub>2</sub>が発生することが知られている。

例えば、セメント製造の中間製品であるクリンカ<sup>\*2</sup>を製造する際には、石灰石を他の原料と混合して焼成・熱分解し生石灰を生成させるため、CO<sub>2</sub>が排出される。



ところが、石灰石・ドロマイトなどの炭酸塩鉱物は、必ずしも分解してCO<sub>2</sub>を発生させる形態で利用されているとは限らず、道路建設用の砕石としてそのままの形で利用されたり、微粉碎して白色顔料に利用されたりするなど、CO<sub>2</sub>を発生させない形態での用途が広範に存在している。

また、用途によっては一旦炭酸基部分が分解されCO<sub>2</sub>を排出した後で、再度意図的にCO<sub>2</sub>を吸収させて用いる場合がある。例えば歯磨粉などに用いられる軽質炭カル製造用や工業用洗剤・食品添加物などのソーダ灰<sup>\*3</sup>生産用の石灰石の利用がこれに該当する。



このため、石灰石・ドロマイト起源のCO<sub>2</sub> 排出量を正確に算定するためには、石灰石・ドロマイトと関連誘導品(ソーダ灰など)の用途別使用量を可能な限り詳細に把握し、実際に空气中に排出された量のみを推計することが必要である。

#### 1-1-2. 国連気候変動枠組条約・京都議定書上の報告義務

石灰石・ドロマイト起源のCO<sub>2</sub> 排出量については、国連気候変動枠組条約・京都議定書に定められた人為起源の温室効果ガス排出量の一部であるため、加盟国は毎年その排出量を気候変動政府間パネル(IPCC)が定めた1996年ガイドラインに準拠して算定し温室効果ガスインベントリ(国別排出量報告)として報告することが義務づけられている。

具体的には、当該条約・議定書上の温室効果ガスインベントリ報告様式のうち 2.工業プロセス分野 A. 鉱物製品(の使用に伴う排出)の分類中において、石灰石・ドロマイト起源のCO<sub>2</sub> について現在下記の 2A1. ~ 2A4., 2B4. の項目<sup>\*4</sup>が設けられている。

#### 2. 工業プロセス

##### 2A. 鉱物製品

- 2A1. セメント製造 (CO<sub>2</sub>排出量)
- 2A2. 生石灰製造 (CO<sub>2</sub>排出量)
- 2A3. 石灰石・ドロマイト使用 (CO<sub>2</sub>排出量)
- 2A4. ソーダ灰生産及び使用 (CO<sub>2</sub>排出量)

##### 2B. 化学産業

- 2B4. カルシウムカーバイド製造 (CO<sub>2</sub>排出量)

\*1 ドロマイト(苦灰石)とは石灰石のカルシウム分の一部が堆積後にマグネシウムに交替したものをいい、CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>と表記される。国内では殆どの鉱山で石灰石と同時に産出するが、中でも栃木県葛生地域からの産出が大部分を占めている。

\*2 クリンカに石膏を混合して粉碎し、水和時の硬化速度を調整したものがセメント(ポルトランドセメント)である。

\*3 ソーダ灰は炭酸ナトリウム(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)のことをいい、ガラス原料・工業用洗剤・食品添加剤(かんすい)などに用いられている。

\*4 IPCC-NGGIP 2006年ガイドラインにおいては、分類項目の再編が予定されているため注意ありたい。

### 1-1-3. 現状の日本国温室効果ガスインベントリにおける算定方法概要

2009年度末現在の日本国温室効果ガスインベントリにおいては、1-1-2. の国連気候変動枠組条約・京都議定書上の算定様式に従い、石灰石・ドロマイト起源のCO<sub>2</sub> 排出量について各種統計出典を基礎に概略以下の方法<sup>5</sup>で算定している。

#### (1) 2A1. セメント製造

2A1. セメント製造 の算定については、セメントの中間製品であるクリンカの生産時に石灰石が焼成されCO<sub>2</sub> が排出されることから「クリンカ生産量」を活動量としている。当該活動量に乗じる排出係数としては、クリンカ中の総 CaO 分のうち「石灰石由来の CaO 分と廃棄物等由来の CaO 分の比率」を推計し、このうち石灰石由来の CaO 分の重量に石灰石の分解による CO<sub>2</sub> 排出量比率を乗じて推計を行っている。

当該「クリンカ生産量」及び「石灰石由来の CaO 分と廃棄物等由来の CaO 分の比率」を推計する統計的基礎としては、社団法人セメント協会調査値や経済産業省「窯業建材年報」上の石灰石使用量などを用いている。

#### (2) 2A2. 生石灰製造

2A2. 生石灰製造 の算定については、石灰石・ドロマイトを焼成して得られる「生石灰生産量」及び「焼成ドロマイト生産量」を活動量とし、排出係数としてそれぞれの炭酸基部分の分解時の CO<sub>2</sub> 排出量比率を乗じて排出量を算定している。

当該「生石灰生産量」の統計的基礎としては経済産業省「化学工業統計年報」上の生石灰生産量、「焼成ドロマイト生産量」としては日本石灰協会調査値を用いている。

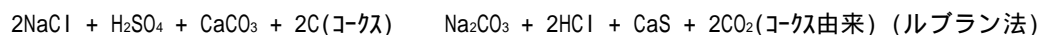
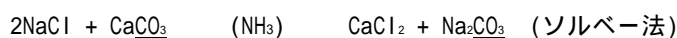
#### (3) 2A3. 石灰石・ドロマイト使用

2A3. 石灰石・ドロマイト使用 の算定については、「鉄鋼及びソーダ石灰ガラス製造時に用いる石灰石の使用量」を活動量とし、排出係数として炭酸基部分の分解時の CO<sub>2</sub> 排出量比率を乗じて排出量を算定している。

当該「鉄鋼及びソーダ石灰ガラス製造時に用いる石灰石の使用量」の統計的基礎としては、経済産業省「資源統計年報<sup>6</sup>」上の鉄鋼・製錬用及びソーダ・ガラス用の石灰石販売量を用いている。

#### (4) 2A4. ソーダ灰生産及び使用 (2A4a. ソーダ灰生産 及び 2A4b. ソーダ灰使用)

2A4a. ソーダ灰生産 の算定については、日本国内で行われている「ソルベール法」及び「ルブラン法」での生産<sup>7</sup>では、いずれの製法においても石灰石起源 CO<sub>2</sub> は製品であるソーダ灰中に全量が再度吸収されるため排出は生じない旨を報告している。



2A4b. ソーダ灰使用 の算定については、「ソーダ灰国内消費量」の全量を活動量とし、排出係数としてソーダ灰の炭酸基部分の分解時の CO<sub>2</sub> 排出量比率を乗じ排出量を算定している。

当該「ソーダ灰国内消費量」の統計的基礎としては、ソーダ工業会調査による国内出荷量、日本貿易統計によるソーダ灰・他炭酸二ナトリウムの輸入量を用いている。

\*5 詳細な算定過程については独立行政法人国立環境研究所「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」を、算定の理論的根拠については IPCC-NGGIP "Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories" を参照ありたい。

\*6 石灰石などの鉱物生産統計は 2001年迄は「資源統計年報」として刊行されていたが、現在「資源・エネルギー統計」として統合して刊行されている。便宜上本稿では「資源統計年報」と総称する。鉄鋼統計年報など他の統計についても同じである。

\*7 ソーダ灰を製造する方法としては、ソルベール法(アンモニアソーダ法・塩安ソーダ法)・ルブラン法の他に炭酸ナトリウムと炭酸水素ナトリウムを含む鉱物(トロナ)を焼成・分解しCO<sub>2</sub>排出を伴う製法である「トロナ法」があるが日本では行われていない。

(5) 2B4. カルシウムカーバイド製造 (2B4の一部)

2B4a. カルシウムカーバイド製造 の算定については、「カルシウムカーバイド生産量」を活動量とし、排出係数として原料石灰石の炭酸基部分の分解時のCO<sub>2</sub>排出量<sup>\*8</sup>比率を乗じて排出量を算定している。

当該「カルシウムカーバイド生産量」の統計的基礎としては、カーバイド工業会調査値を用いているが、統計値は秘匿扱とされている。

1-1-4. 現状算定方法での石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出量

2007年確報値での日本国温室効果ガスインベントリにおいては、石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出量を約 50.2 MtCO<sub>2</sub> と推計しており、当該排出量は温室効果ガス国内総排出量の約 3.7% に相当するとしている。

石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> 排出量は、主に国内公共投資減などに伴うセメント生産の減少などにより 1990年と比較して約 7.2 MtCO<sub>2</sub> 減少したと推定している。

[表1-2-1-1. 1990・2007年石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> 排出量実績値と構成比]

|                   | 1990年                                 |      | 2007年                               |      | 増 減      |
|-------------------|---------------------------------------|------|-------------------------------------|------|----------|
| 国内総排出量            | 1,261.338 MtCO <sub>2</sub> * (100 %) |      | 1,374.254 MtCO <sub>2</sub> (100 %) |      | +112.918 |
| 2. 工業プロセス         | 62.318 MtCO <sub>2</sub> 4.94 %       |      | 53.730 MtCO <sub>2</sub> 3.91 %     |      | -8.588   |
| 2A. 鉱物製品(窯業土石)    | 57.448                                | 4.55 | 50.219                              | 3.65 | -7.229   |
| 2A1. セメント製造       | 37.966                                | 3.01 | 30.076                              | 2.19 | -7.920   |
| 2A2. 生石灰製造        | 7.371                                 | 0.58 | 7.799                               | 0.57 | +0.428   |
| 2A3. 石灰石・ドロマイト使用  | 11.527                                | 0.91 | 12.004                              | 0.87 | +0.477   |
| 2A4. ソーダ灰生産及び使用   | 0.584                                 | 0.05 | 0.340                               | 0.02 | -0.244   |
| 2B4. カルシウムカーバイド製造 | ( 秘匿により非公開 )                          |      |                                     |      |          |

(表注) 比較のため1990年の国内総排出量は基準年総排出量を用いている

1-2. 問題意識と本研究の目的

1-2-1. 現状の石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出量の算定方法の問題点

(1) 指摘されている問題点

1-1-3. で述べた現在の日本国温室効果ガスインベントリにおける石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> 排出量の算定方法については、環境省温室効果ガス算定方法検討会及びその傘下のエネルギー・工業プロセスワーキンググループにおいて下記のような問題点が指摘されており、その改善に向けた検討が進められている。

特に、石灰石使用量に関する重複・脱漏などの可能性については、温室効果ガスインベントリ上の排出量が「数万tCO<sub>2</sub> 単位」で変動し確定しないことを意味するため、早急かつ正確な検証と再評価が求められている。

- 石灰石使用量の重複の可能性(2A3, 2A2, 2A4)

石灰石・ドロマイト使用(2A3)の項目で用いている石灰石のソーダ・ガラス用販売量が、生石灰(2A2)・ソーダ灰(2A4)用などの石灰石消費量と重複計上されている可能性がある。

\*8 カルシウムカーバイドについては、製造時にさらに還元剤(コークス)を使用し消費時にもCO<sub>2</sub>が排出されるとして、還元剤起源のCO<sub>2</sub>排出や使用時のCO<sub>2</sub>排出に相当する排出係数が設定されている。

- 石灰石使用量の脱漏の可能性(2A3他)  
石灰石の使用量のうち、排煙脱硫用などの用途に使用される部分が推計から脱漏している可能性がある。
- ソーダ灰による排出量の過大推計の可能性(2A4)  
ソーダ灰の一部はCO<sub>2</sub> 排出を伴わない用途に使用されている可能性がある。

## (2) 問題の本質

これらの問題が生じる本質は、石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出量について、特定の用途分類や技術分類に着目した部分的な排出量算定方法が錯綜しているIPCC 1996年ガイドラインの算定方法を忠実に再現・履行することに過度に注力するあまり、「石灰石・ドロマイトの需給の全貌を用途分類・技術分類の両面から正確に把握する」という基本的事項が疎かになっている点にあると考えられる。

## 1-2-2. 主要先行研究

### (1) 積上法による石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> 排出量に関する研究

積上法による石灰石・ドロマイト起源のCO<sub>2</sub> 排出量の算定方法については、IPCC-NGGIPの策定した温室効果ガスインベントリガイドライン(1996年版・2006年版)が最も著名であり、現在の日本国温室効果ガスインベントリもこれに準拠している。しかし、当該ガイドラインでは先述のとおり特定の用途分類や技術分類のみに着目した部分的な排出量計算手法が錯綜しているため、本問題の解決に寄与しない。

### (2) 産業連関表・鋳工業統計を用いた石灰石起源CO<sub>2</sub> 推計手法に関する研究

産業連関表・鋳工業統計を用いた石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> 排出量の算定方法については比較的多くの先行研究が存在するが、その多くはセメント生産などの石灰石起源CO<sub>2</sub> 排出量を部分的に推計の対象としている。

最も著名で包括的な推計の例としては独立行政法人国立環境研究所「産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)」が挙げられ、産業連関表と各種鋳工業統計を突合することにより産業連関表の作成年(5年毎)について国内での石灰石起源CO<sub>2</sub> 排出量を推計している。

当該データブックでは石灰石に加え消石灰・生石灰などの誘導品を考慮し石灰石起源CO<sub>2</sub> の排出量の全貌を詳細に推計した画期的な研究であるが、産業連関表附帯の均一価格による物量表を用いていること、5年毎の情報しか得られないこと、石灰石の排煙脱硫用途分やドロマイト分が考慮されていないなどの問題点がある。

産業連関表とエネルギー関連の各種鋳工業統計から不均一価格物量表を時系列で作成しエネルギー起源CO<sub>2</sub> 排出量を推計した例として、戒能による総合エネルギー統計の民生業務他部門での推計があるが、当該手法は石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> については適用されていない。

## 1-2-3. 本研究の目的

本研究においては、総合エネルギー統計において採用されている産業連関表・鋳工業統計を用いた推計手法を応用し、石灰石・ドロマイト及び関連誘導品に関する不均一価格物量表を作成して用途分類別消費量の全貌を最終消費側から把握し、当該用途分類毎に排出の有無に関する技術分類を行うことで活動量を推計し排出量を算定するという新たな算定方法を開発し、現在の算定方法による排出量と1990年から時系列で比較することによってこれを評価・検証することを試みた。

当該評価・検証の試行により、日本国温室効果ガスインベントリの算定精度の向上と温室効果ガス排出量算定方法の高度化に寄与することを目的とするものである。

## 2. 産業連関表・鉱工業統計を用いた石灰石起源CO<sub>2</sub> 排出などの新たな算定方法

### 2-1. 石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> 排出量の評価・検証方法

#### 2-1-1. 本研究における新たな算定方法の考え方

##### (1) 石灰石・ドロマイト及び関連誘導品のCO<sub>2</sub>排出・非排出分類

石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> 排出量を関連誘導品を含めて重複・脱漏なく正確に把握するためには、石灰石・ドロマイトから始まる一連の中間製品・最終製品の需給全体をCO<sub>2</sub> 排出・非排出という観点から以下の 4つに分類して網羅的に把握することが必要である。

##### E. 最終的にCO<sub>2</sub> 排出を伴うもの

###### E-1. 中間製品以降炭酸基が分解された状態のまま利用されるもの

(例：セメント用クリンカ、製鋼用焼成ドロマイト)

###### E-2. 中間製品段階では炭酸基が分解されない又は再吸収された状態である

が、最終製品段階で炭酸基が分解され排出を伴う形で利用されるもの

(例：陶芸粘土用石灰石、ガラス用ソーダ灰、排煙脱硫用重質炭カル)

##### N. 最終的にCO<sub>2</sub> 排出を伴わないもの

###### N-1. 最終製品迄一度も炭酸基が分解されない状態のまま利用されるもの

(例：路盤材用石灰石、コンクリート骨材用ドロマイト)

###### N-2. 中間製品段階で炭酸基が一旦分解されるが、別の中間製品段階又は最終

製品段階で再吸収を伴い排出を生じない形で最終的に利用されるもの

(例：軽質炭カル製造用石灰石、食品添加物用・脱脂洗剤用ソーダ灰)

[図2-1-1-1. 石灰石及び関連誘導品におけるCO<sub>2</sub> 排出・非排出分類の考え方]

| 供給             | 中間製品(初期) | 中間製品(最終)       | 最終製品(例)     | 分類         |         |
|----------------|----------|----------------|-------------|------------|---------|
| 国産石灰石<br>輸入石灰石 | 土木建築用    | 建築材料用(結晶質石灰石)  | 床材・内装材      | 非排出 N-1    |         |
|                |          | 砕石・骨材用         | 道路路盤材料      | 非排出 N-1    |         |
|                | 他 用      | 排煙脱硫用          | 重質炭カル・スラリ   | (排煙脱硫)     | 排出 E-2  |
|                |          | 陶磁器用           | 石灰石(粉末)     | 陶芸用粘土・釉薬   | 排出 E-2  |
|                |          | 白色顔料用          | 石灰石(粉末)     | 無機顔料       | 非排出 N-1 |
|                |          | (-)輸出用         | -->         |            | (非排出)   |
|                | 原材料用     | セメント用(クリンカ)    | クリンカ        | セメント       | 排出 E-1  |
|                |          | 石灰製品・耐火物用(生石灰) | 生石灰         | 化学石膏・耐火煉瓦  | 排出 E-1  |
|                |          |                | 消石灰         | 建材用消石灰(漆喰) | 排出 E-1  |
|                |          |                | 軽質炭カル       | クレンザー粒子剤   | 非排出 N-2 |
| 製錬造滓用(石灰石・生石灰) |          | 石灰石・生石灰        | 鉄鋼用造滓剤      | 排出 E-1     |         |
|                |          | ソーダ・ガラス用(ソーダ灰) |             |            |         |
| 輸入ソーダ灰         |          | ガラス用ソーダ灰       | 板ガラス        | 排出 E-2     |         |
|                |          | 洗剤用ソーダ灰        | 工業洗剤(脱脂・洗浄) | 非排出 N-2    |         |
|                |          | 食品用ソーダ灰        | 製麺用かんすい     | 非排出 N-2    |         |
|                |          | (-)輸出用 -->     |             | (非排出)      |         |

(表注) 石灰石及び関連誘導品における例を示すが、ドロマイトについても考え方は同様である



## (2) 石灰石・ドロマイト及び関連誘導品需給の「不均一価格物量表」による定量的把握

(1)の網羅的把握を行うための手法として、産業連関表・鉱工業統計において得られる石灰石・ドロマイト及び関連誘導品の需給に関する情報を統合し、情報が得られない部分を必要最小限の推計手法で補完した「不均一価格物量表」を作成する手法が挙げられる。

「不均一価格物量表」とは、産業連関表の金額表示での投入表を同じ年の鉱工業統計から得られる物量値を用いて各需要先別の取引価格を個々に再現推計していき、需要先別の要求品質の差異や受渡形態の差異に基づく不均一な取引価格を考慮した上で作成される物量表をいう。

産業連関表に附帯して作成される(均一価格)物量表では、各需要先の取引価格は均一と見なされるため、同一分類の製品でも低品質で廉価なものを選択的に用いている、あるいは大口取引で割引を受けている需要先では物量が過小推計になり逆の場合過大推計となるという問題があるが、「不均一価格物量表」ではこうした問題は鉱工業統計上の情報が得られる限り補正されることとなる。

## (3) 石灰石・ドロマイト及び関連誘導品の排出・非排出に関する技術的検討

「不均一価格物量表」が作成できれば、当該表の用途項目毎に技術的検討を行い、それぞれの項目の物量が(1)の4分類のどれに該当するかを識別することにより、排出量を推計することができる。

ここで、石灰石・ドロマイト・ソーダ灰などの炭酸基が分解してCO<sub>2</sub>が排出されるためには、500以上の通常の有機物が分解するような高温で長時間強熱されるか、あるいは硫酸などの強酸と化学反応される必要があるが、そのような高温・重化学プロセスを持つ産業は、化学・窯業土石・鉄鋼・非鉄金属・金属製品・電力<sup>9</sup>などに限定される。

一方、石灰石・ドロマイト関連誘導品であって一旦分解された後中間製品又は最終製品段階で再吸収を行う「N-2」に該当するものは、軽質炭カル用とソーダ灰の特定の用途に限定されており、これらは産業連関表・鉱工業統計から生産数量や用途別消費量を知ることができる。

従って、「不均一価格物量表」の用途分類のうち、高温・重化学プロセスを持つ上記6つの産業分類のうち明らかに排出を伴う用途に属するものを「E-1」「E-2」別に集計し、軽質炭カルとソーダ灰の非排出用途について産業連関表・鉱工業統計から「N-2」用途を抽出し控除すれば、残余は「N-1」と推定され、よって石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出量を一定の精度で網羅的に推計できることとなる。

### 2-1-2. 石灰石の排煙脱硫用途向消費量に関する硫黄回収量からの「逆推計」

石灰石の主要用途の一つである排煙脱硫用途向消費量については、2-1-1(1)での分類では、中間製品段階では分解されないが最終消費段階で分解・排出を伴う典型的な「E-2」に該当する用途である。

しかし産業連関表・鉱工業統計上では、各業種内部で石灰石が製品生産に用いられたのか排煙脱硫に用いられたのかを識別できない、脱硫剤である重質炭カルや石灰石スラリを内製せず外部から購入して使用している場合には石灰石の使用が統計上直接的に計上されない、石炭灰(フライアッシュ)などと相殺して計上されている場合があるなどの問題点があり、直接的な推計が困難である。

<sup>9</sup> これらの分類以外に廃棄物処理においても石灰石などが分解するプロセス(廃酸の中和処理剤・金属リサイクル時の造滓剤など)が考えられるが、統計値が把握できないため今後の課題とする。

排煙脱硫については、現在国内の発電所・大規模ボイラーなどの大部分が重質炭カルを水に懸濁させた石灰石スラリーで硫酸化合物を石膏に転換し回収する「湿式法」を用いていることから、国内で利用された石灰石・C重油中の硫黄分のうち電力・大規模製造業事業所で回収された分が全部湿式法により重質炭カルで処理されていると仮定すれば、硫黄回収量から当該用途向石灰石消費量を「逆推計」することが可能であると考えられる。

具体的には、電力・大規模製造業の業種別の発電・産業蒸気用途<sup>\*10</sup>の石灰石・C重油消費量は総合エネルギー統計から容易に推計できるので、石灰石・C重油の平均硫黄含有率をそれぞれ 0.5 wt%・1.5 wt%<sup>\*11</sup>と仮定し、硫黄回収率を 99%と仮定して硫黄回収量を推計<sup>\*12</sup>すれば、硫黄回収量から排煙脱硫用途向石灰石消費量を一定の精度で「逆推計」することが可能である。

## 2-2. 産業連関表・鉱工業統計を用いた不均一価格物量表の作成及び排出・非排出推計

### 2-2-1. 産業連関表・鉱工業統計における石灰石・ドロマイト及び関連誘導品の調査状況

#### (1) 鉱工業統計 -1 資源統計<sup>\*13</sup>

資源統計においては、石灰石・ドロマイトの生産量及び主要用途向販売量が調査されている。

ところが、主要用途向販売量については 1990年及び2000年前後に統計の整理合理化措置の一環として調査項目の多くが廃止されたため、石灰石・ドロマイトとも 1990年から時系列で連続した統計値が得られるのは数項目だけとなっている。

また、販売量に関する調査は供給側企業である鉱山会社を調査対象としているため、販売先の分類が正確な最終用途を反映しているとは限らない問題点がある。

これらの問題点から、本研究においては産業連関表・他の鉱工業統計などから消費側の情報が得られる場合には当該消費側の情報を使用し、他に消費側の情報が得られない場合のみ本統計調査の販売量の数値を使用することとする。

具体的には、道路用・コンクリート骨材用など土建用の石灰石・ドロマイト利用については本統計調査でしか把握できないため、本統計調査の数量を使用する<sup>\*14</sup>。

#### - 石灰石

生産量，主要用途向販売量

(1990-現在迄) セメント 鉄鋼製錬 ソーダ・ガラス 道路 コンクリート骨材 (他)  
 (1990-1999) 石灰 炭カル 製紙 建材 鋳物砂 タイル 陶磁器 濾過 他土建  
 (-1990) 無機薬品 ゴム

#### - ドロマイト

生産量，主要用途向販売量

(1990-現在迄) 鉄鋼製錬 ソーダ・ガラス 道路 コンクリート骨材 (他)  
 (1990-1999) 耐火物 陶磁器 建材 セメント 他土建

\*10 高炉・セメントキルンなどの大規模工業炉での石灰石・重油の直接加熱用途では、別の目的から石灰石が炉内に投入されたり、硫黄分が製品の一部を構成したり、別のプロセスで硫黄が回収される場合があるため、排煙脱硫による硫黄回収量の推計対象から外す必要がある。

\*11 硫黄含有率についての出典は「総合エネルギー統計の解説」上の各エネルギー源の項目(列項目)の石灰及びC重油の解説部分を参照ありたい。

\*12 湿式法による排煙脱硫の硫黄回収率については 95~99%であることが知られているが、本研究では石灰石起源CO<sub>2</sub>排出量の推計漏を防ぐ観点から安全側をとり硫黄回収率を99%と仮定する。

\*13 他に日本石灰協会調査による「用途別需要動向」などがあるが、供給側調査値であるため本質的に資源統計同様に正確な最終消費の用途を反映しているとは限らない問題点がある。このため本研究では当該資料を直接的には使用しない。

\*14 土建用石灰石・ドロマイト販売量のうち、他土建用については1999年で調査項目が廃止されているため、他の用途向販売量から回帰分析により延長推計を行った。推計結果は補論1. を参照ありたい。

## (2) 日本貿易統計

日本貿易統計においては、石灰石・ドロマイト及び関連誘導品について以下の項目が設けられており<sup>\*15</sup>、1990年から直近年迄月単位での重量・金額表示での輸出入量が調査されている。(数字は分類コード)

- 石灰石及び関連誘導品
  - 2521.00 石灰石
  - 2522.10 生石灰 2522.20 消石灰 2522.30 水硬性石灰 2523.10 セメントクリンカ
  - 2849.10 カルシウムカーバイド 3102.9010 石灰窒素(カルシウムシアナミド)
  - 2836.20 ソーダ灰(炭酸二ナトリウム)
  - 2836.30 炭酸水素ナトリウム 2836.50 炭カル(炭酸カルシウム)
- ドロマイト及び関連誘導品
  - 2518.10 ドロマイト
  - 2518.20 焼成ドロマイト 2519.10 天然炭酸マグネシウム(マグネサイト)

## (3) 産業連関表

### (石灰石・ドロマイト及び関連誘導品)

産業連関表においては、石灰石・ドロマイト及び関連誘導品などについて平成2, 7, 12及び17年の取引基本表において以下の4項目が金額表示で調査されている。(数字は産業連関表上の分類番号、以下同じ)

- 0621-011 石灰石
- 0621-019 その他の窯業原料鉱物(ドロマイト・珪石・工業用粘土など)
- 2021-011 ソーダ灰
- 2599-099 その他の窯業・土石製品(生石灰・消石灰・軽質炭カルなど)

従って、産業連関表から石灰石・ソーダ灰については詳細な国内消費内訳に関する情報が得られるが、ドロマイトについては他の製品と合算された精度の低い情報から推計することとなる。

また、石灰石・その他窯業原料鉱物(ドロマイトなど)について、道路用・コンクリート骨材用などの消費量は、正確な産業分類上の需要先が判別しないことから、建設業などの投入量には金額が計上されず分類不明に計上されている。

### (排煙脱硫用石灰石)

排煙脱硫用石灰石については、例えば産業連関表上には事業用火力発電の項目(5111-02)が設けられているが、石灰石に関する記載はなくその他の窯業原料鉱物の副生値が負値計上されている。

当該計上は、重質炭カルの購入と石灰灰(フライアッシュ)・排煙脱硫石膏の副生・販売(負値)を相殺したものと推察され、産業連関表では排煙脱硫用重質炭カルは「その他窯業原料鉱物(0621-019)」に計上されていることが理解される。

## (4) 鉱工業統計 -2 化学工業統計・窯業建材統計・鉄鋼統計

鉱工業統計のうち石灰石・ドロマイトの関連誘導品については、化学工業統計・窯業建材統計・鉄鋼非鉄金属金属製品統計において消費側での原材料使用量や誘導品生産量などが調査されている。

ところが、資源統計同様 2000年前後に統計の整理合理化措置の一環として調査項目の大部分が廃止されたため、鉄鋼・ガラスなどの用途での石灰石・ドロマイト及び関連誘導品の原材料使用量がそれ以降について解らなくなっている。

\*15 他にも炭酸ストロンチウムなど加熱・化学反応により炭酸基が分解しCO<sub>2</sub>排出を伴う可能性がある物質の輸出入が計上されているが、量的に少量でありかつ詳細な用途が不明であるため、本研究では立入らない。

また、炭酸水素ナトリウム(重曹, NaHCO<sub>3</sub>)については、通常はアンモニア飽和した食塩水や水酸化ナトリウムに二酸化炭素を反応させて製造される(ソーダ灰を製造するためのソルベー法の間生成物である)ため、元の二酸化炭素の由来如何では重複計上となる恐れがある。このため、炭酸水素ナトリウムについても本研究では立入らない。

また、ソーダ灰などについては生産する企業数が2社以下となったため、統計調査における商業情報の秘匿原則に基づき統計値の公表が行われなくなっている。

このため、本研究においてはこれらの消費側での原材料使用量や誘導品生産量について、粗鋼生産量やガラス生産量などを説明変数とする回帰分析によって延長推計を行い、失われた統計値の部分を再現補完する<sup>\*16</sup>ものとする。

- 化学工業統計
  - (1990-現在迄) 生石灰 消石灰 軽質炭カル (受入・生産・販売・在庫量、以下同じ)
  - (1990-1997) カルシウムカーバイド 石灰窒素
  - (1990-2000) ソーダ灰 (化学工業用ソーダ灰原材料使用量は2001迄)
- 窯業・建材統計
  - (1990-現在迄) セメント用石灰石原材料使用量、クリンカ生産量<sup>\*17</sup>
  - (1990-1999) 板ガラス・ガラス繊維用石灰石・ドロマイト原材料使用量
- 鉄鋼統計
  - (1990-現在迄) (該当なし・現状全て廃止)
  - (1990-2003) 鉄鋼用用途別石灰石・生石灰・ドロマイト・焼成ドロマイト原材料使用量

## 2-2-2. 石灰石の「不均一価格物量表」作成及び排出・非排出推計

石灰石及び関連誘導品(ソーダ灰を除く)について、以下の手順で1990・1995・2000・2005年の「不均一価格物量表」を推計し、需要先の項目分類別に排出・非排出を推計した。

なお、簡略化のため石灰石誘導品の物量は純物質の分子量比などを用いて全て石灰石の物量にそれぞれ予め換算した上で推計を行った。

### (1) 供給量

資源統計における石灰石生産量と日本貿易統計による石灰石輸入量の合計値を供給量として計上する。

### (2) 特定消費量

産業連関表上で投入額が計上されている部門のうち、鉱工業統計により石灰石の物量が把握されている下記の数量を「特定消費量」として区分計上する。

- 排煙脱硫用重質炭カル消費量 (総合エネルギー統計推計値; 鉱業・非金属鉱物分)
- ソーダ灰生産量 (化学工業統計 + 延長推計値) ソーダ灰供給量へ
- 生石灰生産量 (化学工業統計)
- 軽質炭カル生産以外 (= 生石灰生産量 - 軽質炭カル生産量)
- 軽質炭カル生産量 (化学工業統計)
- ガラス原材料消費量 (窯業建材統計 + 延長推計値)
- セメント原材料消費量 (窯業建材統計)
- 鉄鋼用原材料消費量 (鉄鋼統計 + 延長推計値)
- 道路用・コンクリート骨材用販売量 (資源・エネルギー統計; 分類不明分)
- 石灰石輸出量 (日本貿易統計)

### (3) 一般消費量

産業連関表上で投入額が計上されている部門のうち、上記「特定消費量」でないものについては、全体の需給から「特定消費量」分を控除した金額・数量から求められる「一般単価」により各投入額を「一般消費量」に換算する。

\*16 鉄鋼・ガラス原材料使用量などの回帰分析による推計結果は、補論1. を参照ありたい。  
実際に温室効果ガス排出量を算定する場合には、該当する関連業種において内部調査値が存在している場合には、これを使用できるよう協力を求めることが必要であろう。仮にそれが不可能な場合には、関連する統計調査項目を復活させることも検討すべきと考えられる。

\*17 クリンカ生産量は2006年迄ポルトランドセメントクリンカ生産量が調査されていたが、温室効果ガス排出量算定のため他のセメント用を含めたクリンカ生産量の調査に改められている。

#### (4) 排出・非排出推計

産業連関表「0621-011 石灰石」の業種分類毎に、各業種の主要工業プロセスに応じ下記のとおり石灰石起源CO<sub>2</sub>の排出・非排出を推定する。

##### (石灰石 / 排出用途)

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| 0621-01 鉱業 窯業原料鉱物       | E-2 - 排煙脱硫用 (重質炭カル)    |
| 2011-02 化学 化学肥料         | E-1 - 化学原料用            |
| 2022-09 化学 他無機製品        | E-1 - 化学原料用            |
| 2039-09 化学 他有機製品        | E-1 - 化学原料用            |
| 2511-01 窯業 板ガラス         | E-1 - ガラス焼成原料用         |
| ~ 2519-09 窯業 他ガラス製品     |                        |
| 2521-01 窯業 セメント         | E-1 - セメント焼成原料用        |
| 2531-01 窯業 陶磁器          | E-2 - 陶磁器・釉薬原料用        |
| 2599-01 窯業 耐火物          | E-1 - 耐火物原料用           |
| 2599-09 窯業 他窯業土石製品      |                        |
| うち生石灰・消石灰               | E-1 - 化学原料用 (軽質炭カル用除く) |
| 2611-01 鉄鋼 銑鉄           | E-1 - 製錬造滓用            |
| ~ 2611-04 鉄鋼 粗鋼(電気炉)    |                        |
| 2631-02 鉄鋼 銑鉄管, -03 銑鋼品 | E-1 - 製錬造滓用            |
| 2711-01 非鉄 銅, -02 鉛亜鉛   | E-1 - 製錬造滓用            |
| 2722-03 非鉄 非鉄金属素型材      | E-1 - 製錬造滓用            |

##### (石灰石 / 非排出用途)

|                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| 1811-01 紙パ パルプ         | N-1 - 製紙充填剤用               |
| ~ 1829-09 紙パ 他紙パ加工品    |                            |
| 2021-01 化学 ソーダ製品       | E-2/N-2 (ソーダ灰製造用・ソーダ灰物量表へ) |
| 2022-01 化学 無機顔料        | N-1 - 無機顔料用                |
| 2072-01 化学 塗料, -02 インキ | N-1 - 無機顔料用                |
| 2311-01 ゴム タイヤ・チューブ    | N-1 - ゴム充填剤用               |
| ~ 2319-09 ゴム 他ゴム製品     |                            |
| 2522-01 窯業 生コンクリート     | N-1 - 砕石・骨材用               |
| 2523-01 窯業 セメント製品      | N-1 - 砕石・骨材用               |
| 2599-04 窯業 研磨剤         | N-1 - 研磨剤用                 |
| 2599-09 窯業 他窯業土石製品     |                            |
| うち軽質炭カル                | N-2 - 軽質炭カル用               |
| 4131-02 土木 河川下水道       | N-1 - 砕石・骨材用               |
| ~ 4132-09 土木 他土木建設     |                            |
| 8111-01 公務 公務(中央)      | N-1 - 砕石・骨材用               |
| 9000-01 分類不明           | N-1 - 砕石・骨材用               |

#### 2-2-3. ソーダ灰の「不均一価格物量表」作成及び排出・非排出推計

石灰石関連誘導品のうちソーダ灰について、以下の手順で 1990・1995・2000・2005年の「不均一価格物量表」を推計し、需要先の項目分類別に排出・非排出を推計した。

なお、簡略化のためソーダ灰の物量は純物質の分子量比などを用いて全て石灰石の物量にそれぞれ予め換算した上で推計を行った。

##### (1) 供給量

化学工業統計におけるソーダ灰生産量と日本貿易統計によるソーダ灰輸入量の合計値を供給量として計上する。

##### (2) 特定消費量

産業連関表上で投入額が計上されている部門のうち、鉱工業統計によりソーダ灰の物量が把握されている下記の数量を「特定消費量」として区分計上する。

- ソーダ灰化学原料消費量 (化学工業統計 + 延長推計値)
- ガラス原材料消費量 (窯業建材統計 + 延長推計値)
- 輸出货量 (日本貿易統計)

(3) 一般消費量

( 2-2-2. (3) の石灰石及び関連誘導品の項目に同じ )

(4) 排出・非排出推計

産業連関表「2011-011 ソーダ灰」の業種分類毎に、各業種の主要工業プロセスに応じ下記のとおりソーダ灰起源CO<sub>2</sub>の排出・非排出を推定する。

(ソーダ灰 / 排出用途)

|                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| 2011-02 化学 化学肥料      | E-1 - 化学原料用     |
| 2021-01 化学 ソーダ工業製品   | E-1 - 化学原料用     |
| 2022-09 化学 他無機製品     | E-1 - 化学原料用     |
| 2061-01 化学 医薬品       | E-1 - 化学原料用     |
| 2074-01 化学 農薬        | E-1 - 化学原料用     |
| 2079-09 化学 他化学最終製品   | E-1 - 化学原料用     |
| 2511-01 窯業 板ガラス      | E-1 - ガラス焼成原料用  |
| ~ 2519-091 窯業 他ガラス製品 |                 |
| 2531-01 窯業 陶磁器       | E-1 - 陶磁器・釉薬原料用 |
| 2599-09 窯業 他窯業土石製品   | E-1 - 化学原料用     |
| 2611-01 鉄鋼 銑鉄        | E-1 - 製錬造滓用     |
| ~ 2611-04 鉄鋼 粗鋼(電気炉) |                 |
| 2711-02 非鉄 鉛亜鉛       | E-1 - 製錬造滓用     |
| 3421-03 機械 電球類       | E-1 - 化学原料用     |
| 8222-01 研究 企業内研究開発   | E-1 - 化学原料用     |

(ソーダ灰 / 非排出用途)

|                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| 1113-09 食品 他水産食品      | N-1 - 食品添加物(かんすい)用 |
| ~ 1117-06 食品 調味料      |                    |
| 1514-01 繊維 染色整理       | N-1 - 工業洗剤用        |
| 1811-01 紙パ パルプ        | N-1 - 工業洗剤用        |
| ~ 1812-02 紙パ 板紙       |                    |
| 2032-02 化学 環式中間物      | N-1 - 工業洗剤用        |
| ~ 2039-09 化学 他有機化学製品  |                    |
| 2041-01 化学 熱硬化性樹脂     | N-1 - 工業洗剤用        |
| 2051-01 化学 レーヨン・アセテート | N-1 - 工業洗剤用        |
| 2071-01 化学 石鹼合成洗剤     | N-1 - 工業洗剤用        |
| 2073-01 化学 写真感光材料     | N-1 - 工業洗剤用        |
| 2079-01 化学 ゼラチン・接着剤   | N-1 - 工業洗剤用        |
| 2111-01 石油 石油製品       | N-1 - 工業洗剤用        |
| 2411-01 皮革 革製履物       | N-1 - 工業洗剤用        |
| 2623-01 鉄鋼 冷間仕上鋼材     | N-1 - 工業洗剤用        |
| ~ 2623-02 鉄鋼 めっき鋼材    | N-1 - 工業洗剤用        |
| 3611-01 機械 船舶修理       | N-1 - 工業洗剤用        |
| 3629-01 機械 自転車        | N-1 - 工業洗剤用        |
| 3921-09 他製造 他製造業      | N-1 - 工業洗剤用        |
| 5211-01 水道 上水道        | N-1 - 工業洗剤用        |
| 8111-01 公務 公務(中央)     | N-1 - 工業洗剤用        |
| 8619-01 個人サ 洗濯洗貼染物    | N-1 - 工業洗剤用        |
| 9000-01 他 分類不明        | N-1 - 工業洗剤用        |

2-2-4. ドロマイトの「不均一価格物量表」作成及び排出・非排出推計

ドロマイトについては、以下の手順で 1990・1995・2000・2005年の「不均一価格物量表」を推計し、需要先の項目分類別に排出・非排出を推計した。

なお、簡略化のためドロマイト誘導品の物量は純物質の分子量比などを用いて全てドロマイトの物量にそれぞれ予め換算した上で推計を行った。

(1) 供給量

資源統計におけるドロマイト生産量と日本貿易統計によるドロマイト輸入量の合計値を供給量として計上する。

(2) 特定消費量

産業連関表上で投入額が計上されている部門のうち、鉱工業統計によりドロマイトの物量が把握されている下記の数量を「特定消費量」として区分計上する。

- ガラス原材料消費量 (窯業建材統計 + 延長推計値)
- 鉄鋼用原材料消費量 (鉄鋼統計 + 延長推計値)
- 輸出货量 (日本貿易統計)

(3) 一般消費量

( 2-2-2. (3) の石灰石及び関連誘導品の項目に同じ )

(4) 排出・非排出推計

産業連関表「0621-019 その他窯業原料鉱物」の業種分類毎に、各業種の主要工業プロセスに応じ下記のとおりドロマイト起源CO<sub>2</sub>の排出・非排出を推定する。

ドロマイトについては、産業連関表上直接的な需給値が得られないため、下記推計値には一定の誤差があることに注意を要する。

(ドロマイト / 排出用途)

|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| 0621-01 鉱業 窯業原料鉱物        | E-2 - 耐火物焼成原料用  |
| 0621-09 鉱業 他非金属鉱物        | E-2 - 耐火物焼成原料用  |
| 2011-02 化学 化学肥料          | E-1 - 化学原料用     |
| 2022-09 化学 他無機化学製品       | E-1 - 化学原料用     |
| 2039-02 化学 油脂加工製品        | E-1 - 化学原料用     |
| 2039-09 化学 他有機化学製品       | E-1 - 化学原料用     |
| 2061-01 化学 医薬品           | E-1 - 化学原料用     |
| 2079-09 化学 他化学最終製品       | E-1 - 化学原料用     |
| 2511-01 窯業 板ガラス・安全ガラス    | E-1 - ガラス焼成原料用  |
| 2521-01 窯業 セメント          | E-1 - セメント焼成原料用 |
| 2531-01 窯業 陶磁器           | E-1 - 陶磁器・釉薬原料用 |
| 2599-01 窯業 耐火物, -03 炭素黒鉛 | E-1 - 耐火物焼成原料用  |
| 2599-09 窯業 他窯業土石製品       | E-1 - 耐火物焼成原料用  |
| 2611-01 鉄鋼 銑鉄            | E-1 - 製錬造滓用     |
| ~ 2631-03 鉄鋼 鋳鉄品・鍛工品     |                 |
| 2711-02 非鉄 鉛亜鉛           | E-1 - 製錬造滓用     |
| 2811-01 金属 建設用金属製品       | E-1 - 耐火物焼成原料用  |
| ~ 2899-09 金属 他金属製品       |                 |
| 8611-09 個人サ 他娯楽サービス      | E-1 - 陶磁器・釉薬原料用 |

(ドロマイト / 非排出用途)

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| 1812-01 紙パ 洋紙和紙        | N-1 - 製紙充填剤用 |
| ~ 1829-09 紙パ 他紙加工品     |              |
| 2022-01 化学 無機顔料        | N-1 - 無機顔料用  |
| 2072-01 化学 塗料, -02 インキ | N-1 - 無機顔料用  |
| 2079-01 化学 ゼラチン・接着剤    | N-1 - 無機顔料用  |
| 2121-01 石炭 舗装材料        | N-1 - 砕石・骨材用 |
| 2311-01 ゴム タイヤ・チューブ    | N-1 - ゴム充填剤用 |
| ~ 2319-09 ゴム 他ゴム製品     |              |
| 2412-02 皮革 鞆袋物他革製品     | N-1 - 研磨剤用   |
| 2599-01 窯業 研磨剤         | N-1 - 研磨剤用   |
| 3031-02 機械 繊維機械        | N-1 - 研磨剤用   |
| ~ 3031-09 機械 他一般機械部品   |              |
| 3711-01 精密 他光学器械       | N-1 - 研磨材用   |
| ~ 3719-03 精密 医療用機械器具   |              |
| 9000-01 他 分類不明         | N-1 - 砕石・骨材用 |

### 3. 新たな算定方法を用いた石灰石起源CO<sub>2</sub>などの排出量

#### 3-1. 新たな算定方法による石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出量の推計結果

##### 3-1-1. 石灰石の排出・非排出用途別需給

2-2. の算定方法を用いて、1990年から2007年迄時系列での石灰石の排出・非排出用途別需給及び石灰石起源CO<sub>2</sub>排出量を算定した。(表3-1-1-1, 図3-1-1-1. ~ -4. 参照)

石灰石については、排出用途での約70%がセメント用、非排出用途の80%以上がその他用(砕石・骨材用)であり、主要用途の大半が土木・建設用途であるため、国内での公共事業投資の減少などに従い国内生産が大幅に減少して推移している。

セメント用を除いた排出用途のうち、鉱業(排煙脱硫用)・陶磁器用・生石灰用などで消費量が増加しているが、製錬用・化学用などで消費量が大きく減少したため1990年比で2007年の排出用途の消費量は約14%減少している。砕石・骨材用を除いた非排出用途では、製紙用・化学用が大きく減少しており1990年比で約21%減少している。

石灰石の排出用途に対応する石灰石起源CO<sub>2</sub>排出量は、2007年において約47.510 Mt-CO<sub>2</sub>であり、1990年比で2007年の排出量は7.985 Mt-CO<sub>2</sub>減(14.4%減)と推計される。

[表3-1-1-1. 石灰石排出・非排出用途別需給及び石灰石起源CO<sub>2</sub>排出量推計値(抄)]

| 1000tCaCO <sub>3</sub>                   | 1990年  | 2000年  | 2005年  | 2006年  | 2007年  | 90-07  | 07/90増減比 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| (石灰石国内供給)                                | 196280 | 182734 | 162217 | 163428 | 163200 | -33080 | -0.169   |
| (最終消費/排出)                                | 126206 | 117996 | 108112 | 108471 | 108047 | -18159 | -0.144   |
| セメント                                     | 89070  | 85051  | 76073  | 75832  | 74071  | -14999 | -0.168   |
| 生石灰他                                     | 15417  | 14113  | 15500  | 15770  | 16392  | +645   | +0.041   |
| 鉄鋼                                       | 13387  | 13082  | 12489  | 12578  | 12740  | -1148  | -0.083   |
| 化学                                       | 4074   | 1723   | 703    | 885    | 998    | -3076  | -0.755   |
| 鉱業(排煙脱硫)                                 | 1951   | 2052   | 2423   | 2227   | 2494   | +542   | +0.278   |
| 非鉄金属                                     | 1092   | 941    | 453    | 589    | 686    | -405   | -0.371   |
| 陶磁器                                      | 315    | 1009   | 439    | 559    | 639    | +324   | +1.028   |
| (最終消費/非排出)                               | 70074  | 64738  | 54105  | 54957  | 55153  | -14922 | -0.213   |
| 他(砕石・骨材)                                 | 58814  | 55738  | 50084  | 50141  | 49830  | -8984  | -0.153   |
| 紙パ                                       | 8026   | 7323   | 3001   | 3779   | 4264   | -3761  | -0.469   |
| 化学(ソーダ灰他)                                | 2573   | 1074   | 570    | 588    | 599    | -1973  | -0.767   |
| 窯業土石(炭カル)                                | 459    | 499    | 410    | 398    | 404    | -56    | -0.121   |
| (CO <sub>2</sub> 排出量 ktCO <sub>2</sub> ) | 55494  | 51884  | 47538  | 47696  | 47510  | -7985  | -0.144   |

##### 3-1-2. ソーダ灰の排出・非排出用途別需給

2-2. の算定方法を用いて、1990年から2007年迄時系列でのソーダ灰の排出・非排出用途別需給<sup>\*18</sup>及びCO<sub>2</sub>排出量を算定した。(表3-1-2-1, 図3-1-2-1. ~ -4. 参照)

ソーダ灰については廉価な輸入品の比率が増加して推移しており、2000年以降では国産品より輸入品の方が供給量が多くなっていることが観察される。

ソーダ灰の最終消費については、排出用途より非排出用途の方が消費量が多いこと、またその内訳を見た場合、排出用途での約50%がガラス原料用、非排出用途の80%以上が工業洗剤用である(=食品用ではない)ことが観察される。ガラス原料用は主に板ガ

\*18 ここでの数値は石灰石換算値であり、ソーダ灰の重量ではないことに注意ありたい。



ラスの生産減少やガラスのリサイクル比率の上昇により減少しており、また工業洗剤用<sup>\*19</sup>は染色整理・皮革製品など大口需要先の国内生産の減少により大きく減少している。

ソーダ灰の排出用途に対応するCO<sub>2</sub>排出量は、2007年において約 0.191 Mt-CO<sub>2</sub> であり、1990年比で2007年の排出量は約 0.071 Mt-CO<sub>2</sub> 減( 27.0%減 )と推計される。

### 3-1-3. ドロマイト排出・非排出用途別需給

2-2. の算定方法を用いて、1990年から2007年迄時系列でのドロマイトの排出・非排出用途別需給及びCO<sub>2</sub>排出量を算定した。(表3-1-3-1, 図3-1-3-1. ~ -4. 参照)

ドロマイトの供給については輸入品の比率が増加して推移しており、現状で約 50% が輸入品で賄われていることが観察される。

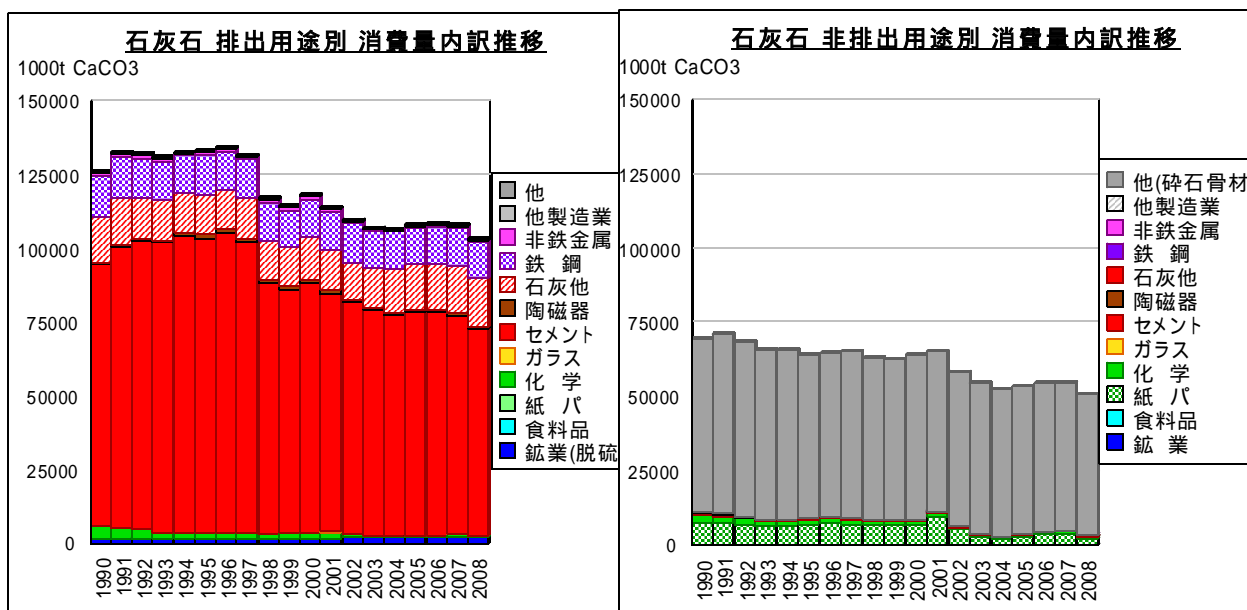
ドロマイトの最終消費については、排出用途と非排出用途がほぼ同量で推移しており、その内訳を見た場合、排出用途の約 50% が鉄鋼造滓用で残りの大部分が耐火物用であり、非排出用途の 90% 以上が砕石・骨材用であることが観察される。

排出用途については、鉄鋼造滓用が増加し耐火物用が減少しており、全体として横這いで推移している。

非排出用途については砕石・骨材用途の減少に伴い減少して推移している。

ドロマイトの排出用途に対応するCO<sub>2</sub>排出量は、2007年において約 1.693 Mt-CO<sub>2</sub> であり、1990年比で2007年の排出量は約 0.007 Mt-CO<sub>2</sub> 減( 0.4%減 )と推計される。

[図3-1-1-3. , -4 石灰石排出用途別需給・非排出用途別需給推移]



別掲図表 表3-1-1-1. ~ 3-1. 石灰石・ソーダ灰・ドロマイト排出・非排出用途別需給及びCO<sub>2</sub>排出量推計値

図3-1-1-1. ~ 3-4. 石灰石・ソーダ灰・ドロマイト排出・非排出用途別需給・消費量内訳推移

\*19 鉄鋼の非排出用途は冷延鋼板・メッキ鋼板の前処理工程におけるアルカリ脱脂用であり工業洗剤用途の一種である。

### 3-2. 新たな算定方法による排出量推計値と現状の算定方法による排出量の比較

#### 3-2-1. 新たな算定方法の不確実性評価

2-2. で述べた本研究での新たな算定方法による排出量推計値を現状の算定方法による排出量と比較する前に、当該新たな算定方法による推計の不確実性がどの程度の水準にあるのか、つまり評価・検証として妥当な水準の精度で推計ができているのか否かを確認しておくことが必要である。

新たな算定方法においては、排出係数などはほぼ同じであるが、活動量の算定方法が現状の算定方法と全く異なるので、以下活動量の不確実性を比較することとする。

新たな算定方法のうち、一次供給量や特定消費量の大部分については、資源統計や日本貿易統計など裾切なしの全数調査による指定統計値を用いているため、延長推計を用いていない 2000年以前の部分での不確実性は最大でも 5%程度と考えられる。

特定消費量のうち排煙脱硫用重質炭カル消費量についての推計分は不確実性を「その他の統計値」の最大値である 40%とし、鉱工業統計の廃止部分について回帰分析による推計分は回帰分析の誤差に関する不確実性を上記 5%に加算して評価する。

また、一次供給量から特定消費量を引いた残りである一般消費量については、排出/非排出の判定を推定により行っているため、当該判断に伴う誤差を何らかの方法で加算する必要がある。当該誤差の評価として 1990～2000年迄の各項目の排出/非排出の判定が無作為に全体の半数に相当する箇所であったと仮定した場合の影響度を算定し、これを不確実性評価に加算することとした。

上記方法を用いて新たな算定方法に関する不確実性評価を行ったところ、不確実性の水準は 1990年で 約 5.5%、2007年で約 6.2%となり、回帰分析などを用いた推計を多用しているにもかかわらず全体として良好な精度が確保できていることが確認された。

現行の算定方法における 2A. 鉱物製品 部分の 2007年の活動量の不確実性は約 6.3%であり、新たな算定方法の不確実性は現行の算定方法と比較してもほぼ遜色ない水準の精度が確保できていることが確認された。

このような結果となる理由は、特に 1990～2000年においては石灰石・ドロマイト起源 CO<sub>2</sub> 排出量の大部分を鉱工業統計から得られる数値を直接用いた特定消費量で算定しており、排煙脱硫用や産業連関表からの推計部分が占める比率が相対的に非常に小さいためと考えられる。

当該結果から、本研究での新たな算定方法による排出量推計値を現状の算定方法による排出量と直接的に比較して差支えないことが理解される。

[表3-2-1-1. 本研究での算定方法に関する活動量の不確実性評価と現行の算定方法との比較]

|           | 1990年 | 2000年 | 2005年 | 2006年 | 2007年 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (本研究)     | 0.055 | 0.056 | 0.062 | 0.062 | 0.062 |
| 石灰石       | 0.057 | 0.058 | 0.065 | 0.065 | 0.065 |
| ソーダ灰      | 0.274 | 0.303 | 0.256 | 0.256 | 0.256 |
| ドロマイト     | 0.117 | 0.088 | 0.091 | 0.091 | 0.091 |
| (現行算定方法)  | --    | --    | --    | --    | 0.063 |
| セメント      | --    | --    | --    | --    | 0.100 |
| 生石灰       | --    | --    | --    | --    | 0.050 |
| 石灰石・ドロマイト | --    | --    | --    | --    | 0.047 |
| ソーダ灰      | --    | --    | --    | --    | 0.063 |

(表注) 現行算定方法の総計値及び石灰石・ドロマイト部分は筆者が合成・算定

### 3-2-2. 新たな算定方法による排出量推計値と現状の算定方法による排出量の比較結果

3-2-1. での不確実性評価の結果を確認した上で、本研究での新たな算定方法による排出量推計値を現行算定方法による排出量と比較した。

1990年(基準年)については、両算定方法による算定結果は殆ど同じ値となっていることが観察される。

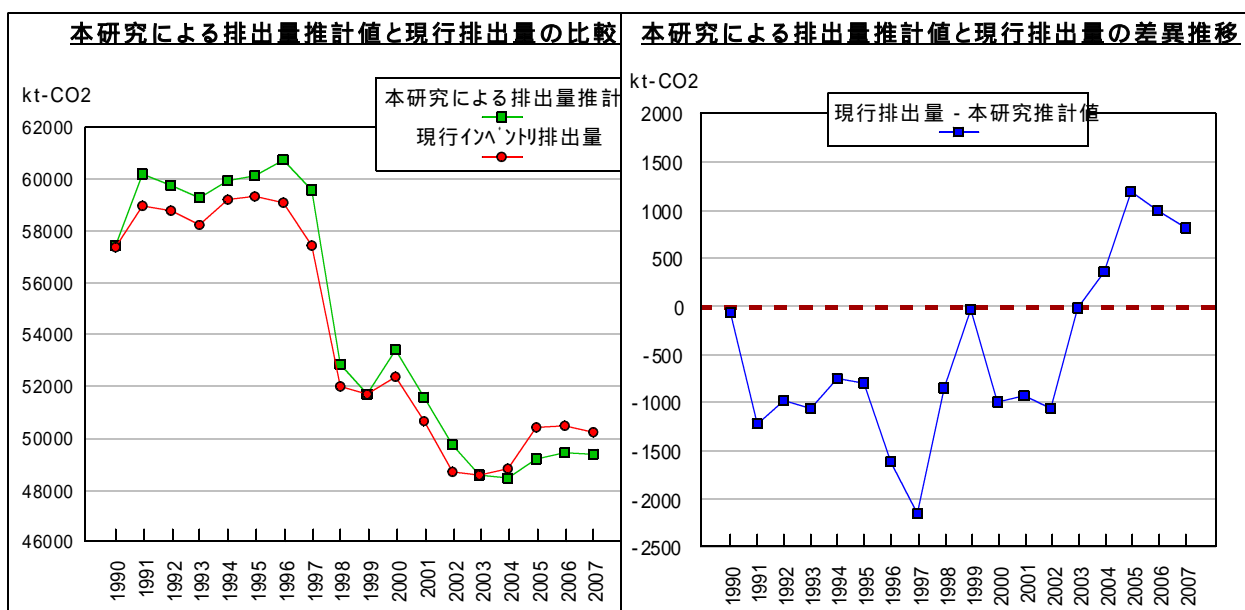
ところが、1991年から2003年頃迄は本研究での新たな算定方法による排出量推計値が約 1.0 Mt-CO<sub>2</sub> 程度大きな値で推移するが、2005年頃から両者の関係が逆転し現行算定方法による排出量が約 1.0 Mt-CO<sub>2</sub> 程度相対的に大きな値となるなど、両者の関係は極めて不安定な状態で大きく変動して推移している。

このような不安定な差異を生じる原因については、次節の考察においてさらに石灰石・ドロマイトの主要用途別に詳細に評価・検証することによってこれを究明する。

[表3-2-2-1. 本研究での算定方法による排出量推計値と現行の算定方法による排出量の比較]

| kt-CO <sub>2</sub>  | 1990年 | 2000年 | 2005年              | 2006年  | 2007年 | 90-07   | 07/90増減比 |
|---------------------|-------|-------|--------------------|--------|-------|---------|----------|
| <b>本研究</b>          | 57456 | 51577 | 49231              | 49461  | 49394 | - 8062  | - 0.140  |
| 石灰石                 | 55494 | 51884 | 47538              | 47696  | 47510 | - 7985  | - 0.144  |
| ソーダ灰                | 262   | 225   | 212                | 195    | 191   | - 71    | - 0.270  |
| ドロマイト               | 1700  | 1290  | 1480               | 1570   | 1693  | - 7     | - 0.004  |
| <b>現行算定方法</b>       | 57399 | 52412 | 50431              | 50464  | 50219 | - 7180  | - 0.125  |
| セメント                | 37966 | 34434 | 31654              | 31376  | 30076 | - 7890  | - 0.125  |
| 生石灰                 | 7322  | 6419  | 7175               | 7428   | 7799  | + 478   | + 0.065  |
| 石灰石他                | 11527 | 11124 | 11245              | 11330  | 12004 | + 476   | + 0.041  |
| ソーダ灰                | 584   | 435   | 357                | 541    | 566   | - 18    | - 0.031  |
| <b>現行算定方法 - 本研究</b> | - 57  | - 987 | + 1201             | + 1002 | + 825 | (+ 882) |          |
|                     |       |       | + 1009 (2005-07平均) |        |       |         |          |

[図3-2-2-1., -2 本研究による石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> 排出量と現行排出量の比較]



## 4. 考察と提言

### 4-1. 考 察 - 現状の算定方法による排出量の評価・検証<sup>\*20</sup> -

#### 4-1-1. セメント用石灰石に関する評価・検証

##### (1) セメント用石灰石消費量と現行算定方法CO<sub>2</sub> 排出量の差分とセメント系固化材

現行の算定方法のうち 2A1. セメント については、セメント焼成に関する排出量を石灰石などの原料鉱物を焼成してできるクリンカの生産量と、クリンカ中の石灰石起源の CaO 分の比率を推計し、これらに排出係数を乗じて原料石灰石起源の CO<sub>2</sub> 排出量を推計する方法で算定を行っている。

一方、本研究では窯業建材統計におけるセメント用石灰石原材料使用量は全部焼成・分解されたとしそのまま全量を排出用途として推計<sup>\*21</sup>している。

両者を比較した場合、セメント用石灰石原材料使用量の全量から推計される CO<sub>2</sub> 排出量よりも現行算定方法による排出量の方が 1.0～4.0 MtCO<sub>2</sub> 程度(石灰石原材料使用量の 3～10%程度)少なくなっている。現行の算定方法では、当該差分の石灰石は排出として計上されておらず、算定から脱漏していると推察される。

本研究では、当該差分の石灰石はセメント系固化材<sup>\*22</sup>の原材料としてクリンカを経由せず焼成・分解されたものと判断し、通常のクリンカ経由で製造されるセメント用の石灰石同様にセメント用の排出用途として計上<sup>\*23</sup>している。

その理由は、セメント系固化材は水和反応により主にエトリンガイト(3CaO・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・3CaSO<sub>4</sub>・32H<sub>2</sub>O)を生成して土壌を固化するが、石灰石(CaCO<sub>3</sub>)がエトリンガイト中のCaOになる場合でもCaSO<sub>4</sub>になる場合でも炭酸基は分解されると考えられるためである。また、社団法人セメント協会調査によるセメント系固化材生産量のうち一般土用固化材の生産量は当該差分とほぼ一致する時系列推移を示している。

このため、当該差分は一般土用セメント系固化材製造のために焼成・分解されたと判断すべきと考えられる。

##### (2) クリンカと石灰石起源CO<sub>2</sub> 排出量の相関分析

窯業建材統計においてはクリンカ生産量や石灰石などのセメント用原材料消費量が調査されており、評価・検証のため以下の 2種類の指標を算定し比較した。

- クリンカ生産量と現行算定方法排出量 及び セメント用石灰石原材料使用量の相関係数
- クリンカ生産量から石灰石以外の原材料(粘土・珪石・鉱滓・石膏)の重量を控除した残りの重量を全て石灰石由来の CaO と見なし当該 CaO を焼成する際に排出された石灰石起源CO<sub>2</sub> の重量を逆算した量(以下「クリンカ重量逆算CO<sub>2</sub> 推計量」という)と現行算定方法排出量 及び セメント用石灰石原材料使用量の相関係数

\*20 以下本節においては CO<sub>2</sub> 排出量の評価・検証を行う便宜上、特に断らない限り石灰石・ドロマイト及び関連誘導品の物量を CO<sub>2</sub> の重量に換算して議論する。

\*21 本研究の手法は 2005年迄日本独自の手法として用いていた算定手法であるが、国連気候変動枠組条約による対日審査などにおける再三の指摘を反映しクリンカ生産量を経由して推計する現行手法に改められた経緯がある。

\*22 セメント系固化材とは、主に軟弱地盤などの土壌改良や有害物の地下水への溶出抑制を目的として、土木工場の現場で土砂と混練されて使用される土木用資材をいう。クリンカを経ずに焼成された石灰石・粘土などのセメント成分と外部購入した生石灰を混合して製造される。水和反応するとエトリンガイトの針状結晶を生じ土砂を固化する作用がある。

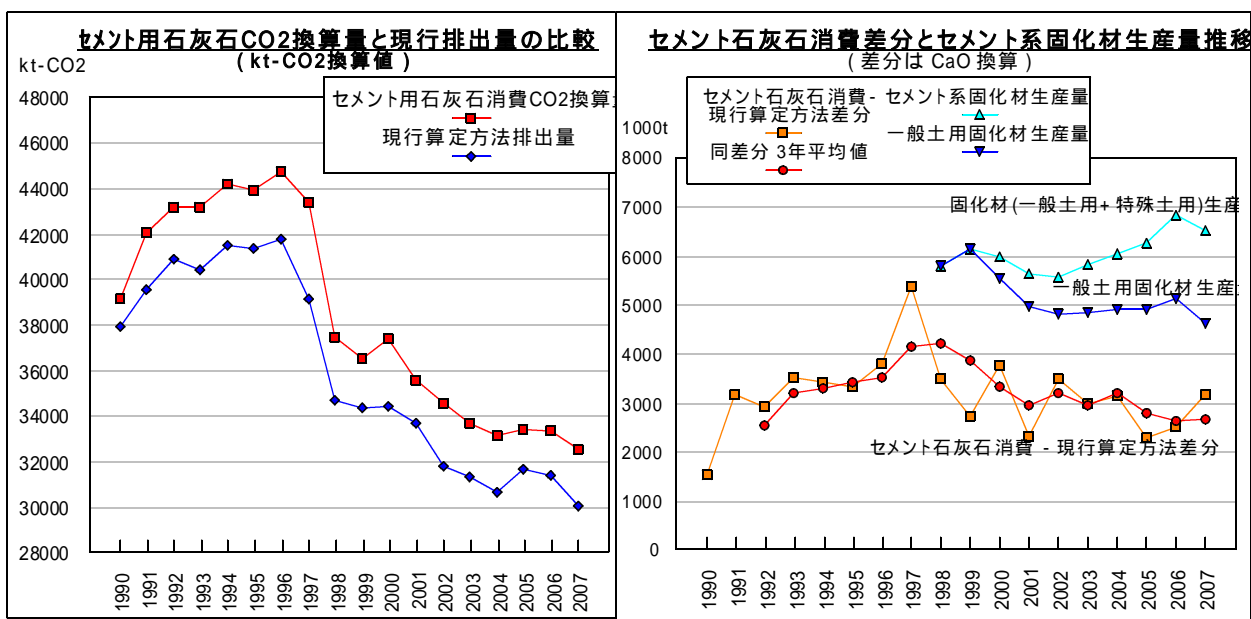
\*23 仮に温室効果ガスインベントリにおいて、分類上セメント系固化剤に伴う排出は 2A1. セメント に含めるべきでないとする場合、当該差分の石灰石起源CO<sub>2</sub> 排出量は 2A3. 石灰石・ドロマイト使用 の内数として排出用途に分類すべきである。

比較の結果、クリンカ生産量との相関係数及びクリンカ重量逆算CO<sub>2</sub>推計量との相関係数のいずれについても、クリンカを算定に用いているはずの現行の算定方法による排出量より、本研究で用いているセメント用石灰石原材料使用量の方が相関係数が高いという意外な結果が得られた。

現行の算定方法による具体的な推計は非公開のセメント協会提供値により行われており本研究ではこれ以上の検証・分析は困難であるが、当該結果は現行のセメントに関する算定方法にさらに何らかの問題が残留している可能性を示唆しているものと考えられる。

[図4-1-1-1. セメント用石灰石消費 CO<sub>2</sub> 換算量と現行算定方法排出量の比較]

[図4-1-1-2. セメント用石灰石消費量-現行算定方法差分とセメント系固化材生産量推移]



[表4-1-1-1. クリンカ生産量と現行排出量・セメント用石灰石使用量などの相関係数比較] (1990-2007年)

| (相関係数)                       | 現行算定方法排出量 | セメント用石灰石原材料使用量 |
|------------------------------|-----------|----------------|
| クリンカ生産量                      | 0.9623    | 0.9807         |
| クリンカ重量逆算 CO <sub>2</sub> 推計量 | 0.8911    | 0.9202         |

#### 4-1-2. 鉄鋼用石灰石・ドロマイトに関する評価・検証

##### (1) 鉄鋼用石灰石・ドロマイトの重複計上

現行の算定方法における 2A2. 生石灰 及び 2A3. 石灰石・ドロマイト利用 については、それぞれ化学工業統計における生石灰生産量及び日本石灰協会調査による焼成ドロマイト出荷量、資源統計における鉄鋼製錬用販売量などを用いて算定を行っている。

ここで、資源統計における石灰石・ドロマイトの鉄鋼製錬用販売量(フェロアロイを含む)を、鉄鋼統計におけるこれらの原材料消費量と比較した場合、両者の間には非常に大きな乖離が観察され、CO<sub>2</sub> 排出量に換算した場合供給側の資源統計による販売量が最終消費側の鉄鋼統計と比べて約 4.0 Mt-CO<sub>2</sub> 相当過大な状態で推移していることが観察される。( 図4-1-2-1. "(1)" )

当該乖離分は、鉄鋼統計における生石灰・焼成ドロマイトの原材料使用量を石灰石・ドロマイトに換算した際のCO<sub>2</sub>排出量とほぼ一致することから、資源統計における鉄鋼製錬用販売量は、鉄鋼業が石灰石・ドロマイトを購入した後に自社内又は関連会社などに委託して焼成し生石灰・焼成ドロマイトを内部・委託生産した分を含んだ値であると推定される。(図4-1-2-2. "(2)")

ところが、鉄鋼業や石灰製造会社などの関連企業は現状でその全数が化学工業統計の調査対象企業であり、当該生石灰を内部・委託生産した分は化学工業統計における生石灰生産として生産量が報告されている。

つまり、資源統計における鉄鋼製錬用販売量を用いて算定している 2A3. 石灰石・ドロマイト利用 の排出量のうち、少なくとも鉄鋼業が内部・委託生産した生石灰に相当する約 4.0 Mt-CO<sub>2</sub> の分は、現行の算定手法では化学工業統計の生石灰生産量の内数として再度 2A2. 生石灰 に計上されるため、当該分が重複計上<sup>\*24</sup> となっているものと推定される。

(2) 鉄鋼用石灰石・ドロマイトの重複計上がなかったとした場合の矛盾

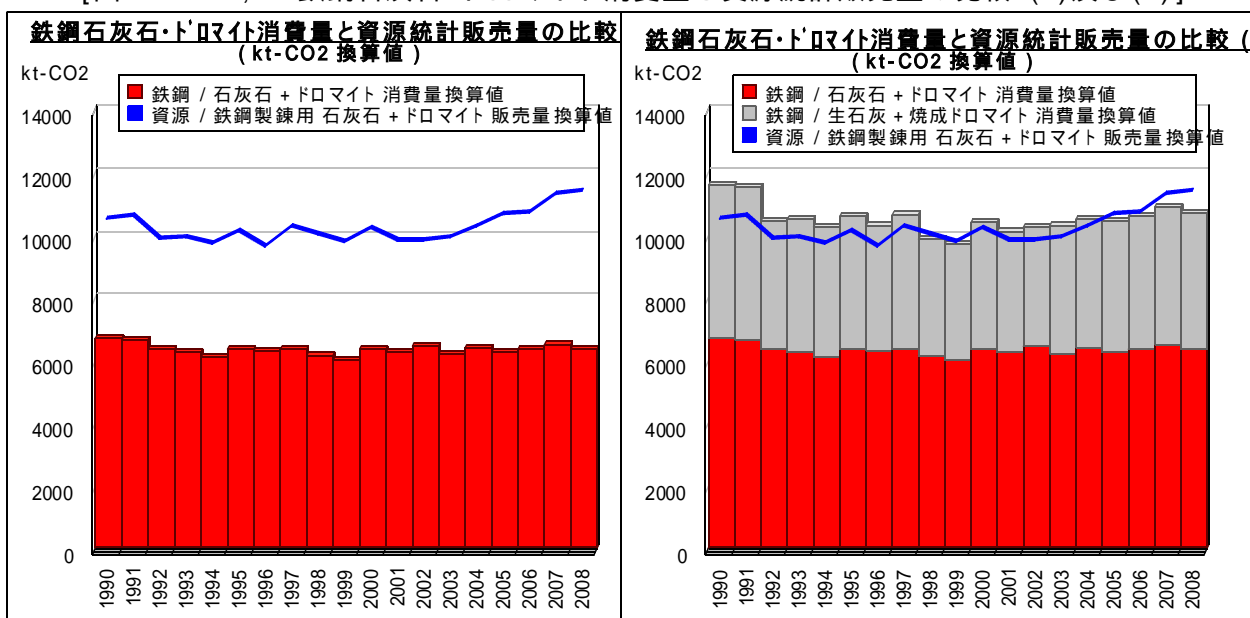
逆に、仮に当該重複がなかったとする場合、以下のような統計的矛盾が生じる。

日本石灰協会調査によれば1990～2000年平均で生石灰の約 50% (石灰石換算 9.0 Mt-CaCO<sub>3</sub> 相当) が鉄鋼用である。

仮に当該生石灰が資源統計の鉄鋼製錬用石灰石販売量 (年平均約 20.0 Mt-CaCO<sub>3</sub>) と重複していなかったとすると、鉄鋼業は石灰石換算値で合計約 29.0 Mt-CaCO<sub>3</sub> 相当の石灰石・生石灰を購入していたことになる。

しかし、これは鉄鋼統計の1990～2003年平均の石灰石・生石灰消費量の石灰石換算値約 20.0 Mt-CaCO<sub>3</sub> より約 50%も過大な値であり、このようなことは現実にはあり得ないと考えられる。

[図4-1-2-1., -2 鉄鋼石灰石・ドロマイト消費量と資源統計販売量の比較 (1)及び(2)]



(図注) 2004年以降の鉄鋼用石灰石・ドロマイトなど原材料消費量は粗鋼生産量などからの回帰分析による推計値

\*24 本研究における算定方法においては、鉄鋼統計とその延長推計値を用いて鉄鋼用の最終消費量を推計しており、供給側の販売統計などを原則使用していないため、この形態での重複計上は起きないものと考えられる。

#### 4-1-3. ソーダ・ガラス用石灰石・ドロマイトに関する評価・検証

現行の算定方法における 2A3. 石灰石・ドロマイト利用 については、資源統計における鉄鋼製錬用販売量とソーダ・ガラス用販売量を用いて算定を行っている。

ここで、資源統計による供給側でのソーダ・ガラス用石灰石・ドロマイト販売量を、化学工業統計におけるソーダ灰生産量や、窯業建材統計におけるガラス原材料用石灰石・ドロマイト消費量などの消費側の統計値と比較した場合、石灰石・ドロマイトともに数値の乖離が観察される。

石灰石については、ソーダ灰の直接の原料であるため、ソーダ灰生産用途分が 2A4. ソーダ灰製造・使用 と完全に重複計上されてしまっているものと考えられる。

また、当該用途向販売量がソーダ灰生産量やガラス原材料使用量と比較して過大であり消費側の統計値と比べ変動が非常に大きくなっており、販売量の半分近い 0.3~0.5 MtCO<sub>2</sub> 相当分が他用途に転用されたり在庫として滞留したりしているものと推定される。

ドロマイトについては、当該用途向販売量がガラス原材料使用量と相似的に推移しており販売側の用途分類が消費側と良好に一致していると考えられるが、販売量が使用量と比較して過小であり、差分は輸入ドロマイトが使用されているものと推定される。

現行の算定方法では、ある用途向けに販売された石灰石・ドロマイトが消費側で転用された場合の扱いや在庫の存在は考慮されておらず、また石灰石・ドロマイトの輸出入を一切考慮していないため、これらの乖離分はそのまま算定誤差の一部となっていると考えられる。

別掲図表 図4-1-3-1. ~ -2. ソーダ・ガラス用石灰石・ドロマイト消費量と資源統計による販売量の比較

#### 4-1-4. 石灰石・ドロマイト及び関連誘導品の未推計の排出/非排出用途分の影響

本研究での新たな算定方法による排出量推計値では推計されているが、現行の算定方法では推計されていなかった主要な排出/非排出用途の影響は以下のとおりである。

参考迄に2007年について試算した CO<sub>2</sub> 換算量を示す。

全体として見た場合、排出用途が未推計で現状排出量が過小推計であった分の方が、非排出用途が未推計で過大推計であった分より多かったことが理解される。

これらの用途については、そもそも現行の算定方法には含まれていないため、そのまま全量が算定誤差の一部となっていると考えられる。

(排出用途であって現行の算定方法では推計されていなかったもの (現状排出量が過小))

|                         |                          |                         |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| - 排煙脱硫用重質炭カル (E-2)      | 2007年CO <sub>2</sub> 換算量 | -1.1 Mt-CO <sub>2</sub> |
| - 陶磁器用・化学原料用石灰石 (E-1)   | 2007年CO <sub>2</sub> 換算量 | -1.0 Mt-CO <sub>2</sub> |
| - 耐火物用・化学原料用ドロマイト (E-1) | 2007年CO <sub>2</sub> 換算量 | -0.7 Mt-CO <sub>2</sub> |

(非排出用途であって現行の算定方法では排出に含まれていたもの (現状排出量が過大))

|                         |                          |                         |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| - 食品添加物・工業洗剤用ソーダ灰 (N-2) | 2007年CO <sub>2</sub> 換算量 | +0.2 Mt-CO <sub>2</sub> |
| - 軽質炭カル原料用石灰石 (N-2)     | 2007年CO <sub>2</sub> 換算量 | +0.2 Mt-CO <sub>2</sub> |
| - 輸出用ソーダ灰 (N-2)         | 2007年CO <sub>2</sub> 換算量 | +0.0 Mt-CO <sub>2</sub> |

#### 4-1-5. 現状の算定方法による排出量の評価・検証結果のまとめ

##### (1) 結果の集計

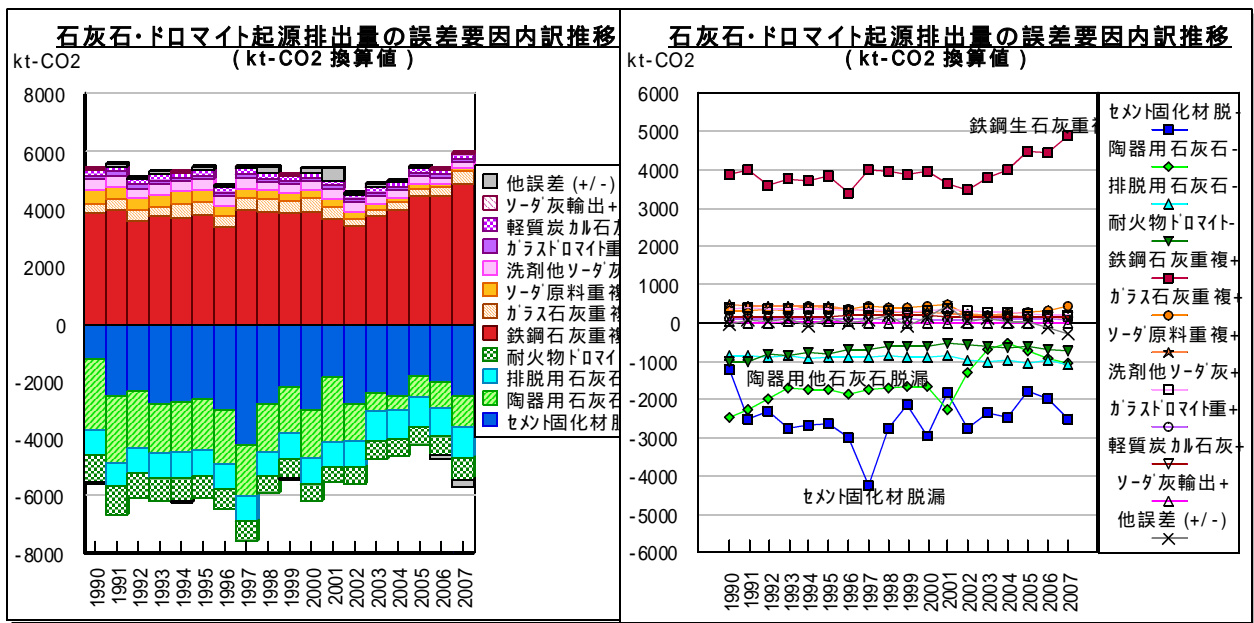
4-1-1. ~ 4-1-4. の結果を集計し、本研究での新たな算定方法による排出量推計値と現行の算定方法による排出量の差異の内訳を時系列で分析した結果以下のとおり。

現行の算定方法による排出量が過大側に影響していた誤差要因は、その大部分

が 4-1-2. で説明した鉄鋼用石灰石・ドロマイトの生石灰・焼成ドロマイトとの重複計上に起因する問題であり、4.0～5.0 Mt-CO<sub>2</sub> 相当分の過大要因であったと考えられる。

反対に、現行の算定方法による排出量が過小側に影響していた誤差要因は多数存在し、4-1-1. で説明したセメント用原料石灰石消費量のうちセメント系固化材に使用された部分の排出が算定から脱漏していた問題が約 2.0 Mt-CO<sub>2</sub> 相当分の過小要因であり、4-1-4. で説明した未推計分である陶磁器用・化学原料用石灰石、排煙脱硫用重質炭カル、耐火物用・化学原料用ドロマイトなどがそれぞれ約 0.5～1.0 Mt-CO<sub>2</sub> 相当分の過小要因であったと考えられる。

[図4-1-5-1., -2. 現行石灰石・ドロマイト起源 CO<sub>2</sub> 排出量の誤差要因内訳推移]



[表4-1-5-1. 現行石灰石・ドロマイト起源 CO<sub>2</sub> 排出量の誤差要因内訳推移]

| kt-CO <sub>2</sub>      | 1990年 | 2000年 | 2005年              | 2006年 | 2007年 |
|-------------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| <b>(現状排出量過大側要因)</b>     | +5395 | +5302 | +5450              | +5405 | +5926 |
| 鉄鋼生石灰重複                 | +3867 | +3941 | +4481              | +4456 | +4881 |
| ガラス用石灰重複                | + 343 | + 464 | + 274              | + 321 | + 432 |
| ソーダ原料重複                 | + 469 | + 276 | + 164              | + 148 | + 136 |
| ソーダ灰非排出用途               | + 382 | + 321 | + 246              | + 206 | + 215 |
| ガラス用ドロマ重複               | + 130 | + 100 | + 114              | + 111 | + 101 |
| 軽質炭カル用石灰石               | + 176 | + 197 | + 169              | + 161 | + 161 |
| ソーダ灰輸出                  | + 28  | + 1   | + 1                | + 1   | + 1   |
| <b>(現状排出量過小側要因)</b>     | -5510 | -6142 | -4203              | -4535 | -5369 |
| セメント固化材脱漏               | -1199 | -2964 | -1796              | -1968 | -2494 |
| 陶器用他石灰石脱漏               | -2460 | -1656 | - 718              | - 915 | -1045 |
| 排煙脱硫石灰石脱漏               | - 858 | - 902 | -1065              | - 979 | -1097 |
| 耐火物他ドロマ脱漏               | - 993 | - 619 | - 624              | - 674 | - 734 |
| <b>(他誤差要因・在庫変動など)</b>   | -58   | + 147 | + 46               | - 133 | - 268 |
| <b>合計誤差(+ 過大 / -過小)</b> | - 57  | - 987 | +1201              | +1002 | + 825 |
|                         |       |       | + 1009 (2005-07平均) |       |       |



## (2) 結果の解釈

当該結果から、現行の算定方法は以下のとおり極めて大きな問題を内包しているものと評価される。

現行の算定方法は、石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>の算定手法として継続的に使用するには耐えないと考えられ、早急に再計算を行い他の算定手法に切換える必要があると判断される。

- 現行の石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出に関する算定方法は、約 1.0 Mt-CO<sub>2</sub> 相当過大側に誤差を生じていると考えられる。当該誤差は、2A. 鉱物資源の基準年排出量の約 2%、京都議定書の基準年排出量の約 0.1% に相当する。
- 当該誤差は、単一の要因により発生しているのではなく、過大側に影響しているほぼ単一の誤差と過小側に影響している複数の誤差が極めて複雑に干渉・相殺し合った結果として発生しており、本質的に不安定なものである。
- 1990年の排出量について、現行の算定手法と本研究の新たな算定手法で排出量がほぼ一致したことは全くの偶然に過ぎないと考えられる。
- 2005～2007年の排出量について、現行の算定手法が本研究の新たな算定手法よりも約 1.0 Mt-CO<sub>2</sub> 過大となっていることもまた全くの偶然でしかなく、現行の算定手法に内在する誤差のうち過大側に影響している誤差と過小側に影響している誤差の動向如何では、何時でも算定結果が不安定化する懸念があり、当該算定手法は継続的な使用に耐えないと判断される。

## (3) 算定手法上の原因の推察

当該誤差が生じた算定手法上の原因は、用途分類と技術分類が混在した算定手法に対応すべく供給側の統計値と最終消費側の統計値を混在させたまま部分的な推計を積上げたため、石灰石・ドロマイト及び関連誘導品の需給の全貌を把握することができなかったこと、これにより統計項目の相互関係を誤認し脱漏を残したまま推計を続けたことに起因すると推察される。

また、1990年の基準年を算定する際に、2000年以前に廃止された資源統計の販売内訳区分や鉄鋼統計などの原材料使用量の報告値を整理して数値を確認していれば、これらの誤差の大部分は発生を防げたはずであったと推察される。

さらに、石灰石とソーダ灰については産業連関表に明示的に項目が設けられており、5年おきとはいえその用途別消費量は国立環境研究所「3EID」や総合エネルギー統計などの先行研究例から容易に推定できたはずである。つまり、少なくとも産業連関表を確認していれば脱漏していた未推計区分の幾つかは直ちに発見できたはず、ということである。

## 4-2. 提 言

### 4-2-1. 石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出量の再計算について

本研究においては、産業連関表・鋳工業統計を用いた不均一価格物量表の作成及び排出/非排出推計を行うことにより、現行の算定方法による石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出量の検証・再計算を試み、現行の算定方法による算定値が重複・脱漏など複数の誤差要因の影響により約 1.0 Mt-CO<sub>2</sub> 過大となっており訂正を要することを確認した。

ここで、本研究においては鋳工業統計における石灰石・ドロマイト及び関連誘導品の多くが 2000年頃に統計調査を廃止されそれ以降の情報が得られないため、やむを得ず回帰分析による推計を用いてこれを補完している。

本研究による算定方法の不確実性分析の結果や、現行算定手法の誤差要因分析の結果にかんがみれば、当該回帰分析による推計が現行の算定方法における問題点の評価・検証に当たって本質的な影響を与えるものではないことは明らかであるが、実際に本研究の手法を温室効果ガスインベントリの作成に用いようとした場合には、算定の一貫性が失われてしまっている点で別次元の問題を生じる懸念がある。

従って、石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出量については、石灰石・ドロマイト及び関連誘導品の生産・消費に関連する各種業界団体の協力を得、可能な限りこれらの廃止された鋳工業統計を復元して推計精度を確保した上で、本研究で用いた手法を応用して早期に再計算を行うべきと考えられる。

### 4-2-2. 石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出量計算の方法論について

現行の IPCC-NGGIP 策定の温室効果ガスインベントリガイドラインにおいては、石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出量計算について、セメント・生石灰・他石灰石ドロマイト利用・ソーダ灰の 4分類で別々に計算する手法を推奨している。

当該計算手法は、発展途上国や移行経済国など極めて限られた情報しか得られない状況下での近似としては有効であるが、殆どの先進国や上位発展途上国では精緻な産業連関表が整備されている訳であり、これらの国においては本研究の手法を応用することにより、上記 4分類を別々に計算した際に生じる重複・脱漏などの可能性を排除し、最終消費側から一貫した推計値を得ることができるはずである。

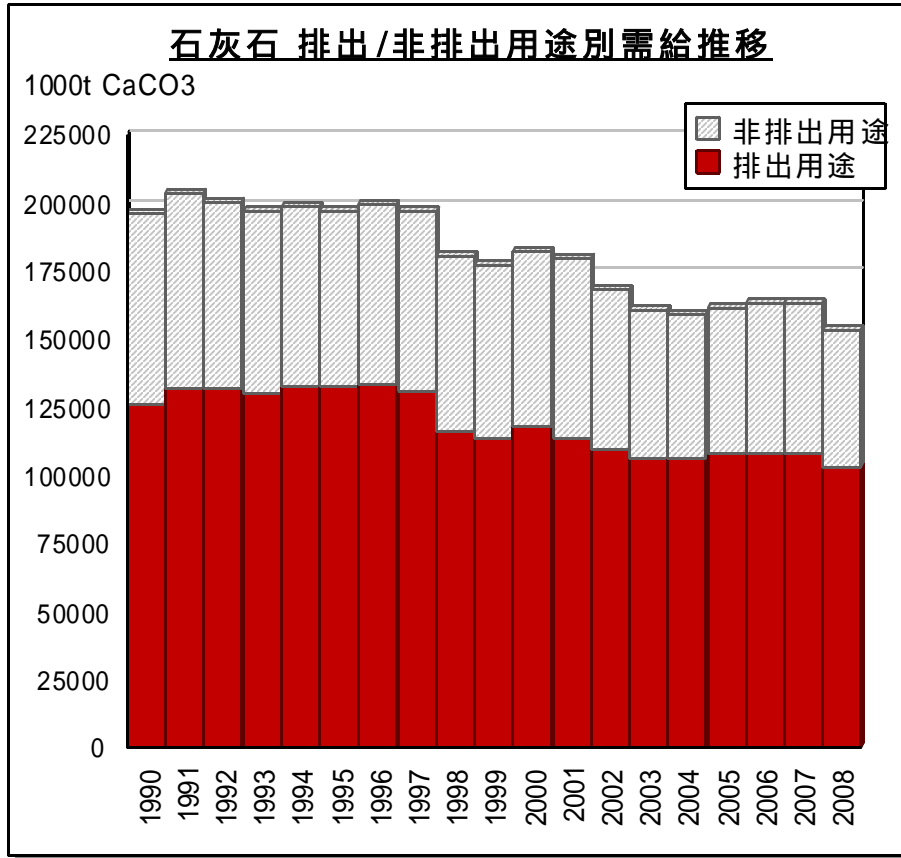
従って、先進国や上位発展途上国においては、上記ガイドラインを墨守して 4分類別の石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出量をいきなり推計して作成するのではなく、各国の実情に応じて本手法を応用・改変した算定方法を開発することにより、まず産業連関表と鋳工業統計を使って石灰石・ドロマイト及び関連誘導品の排出/非排出用途別需給の全貌を最終消費側で網羅的に把握しておき、そこから個別にインベントリ様式に従って必要な数値を入力し作成していく方法がより望ましい算定方法であると考えられる。

別掲図表

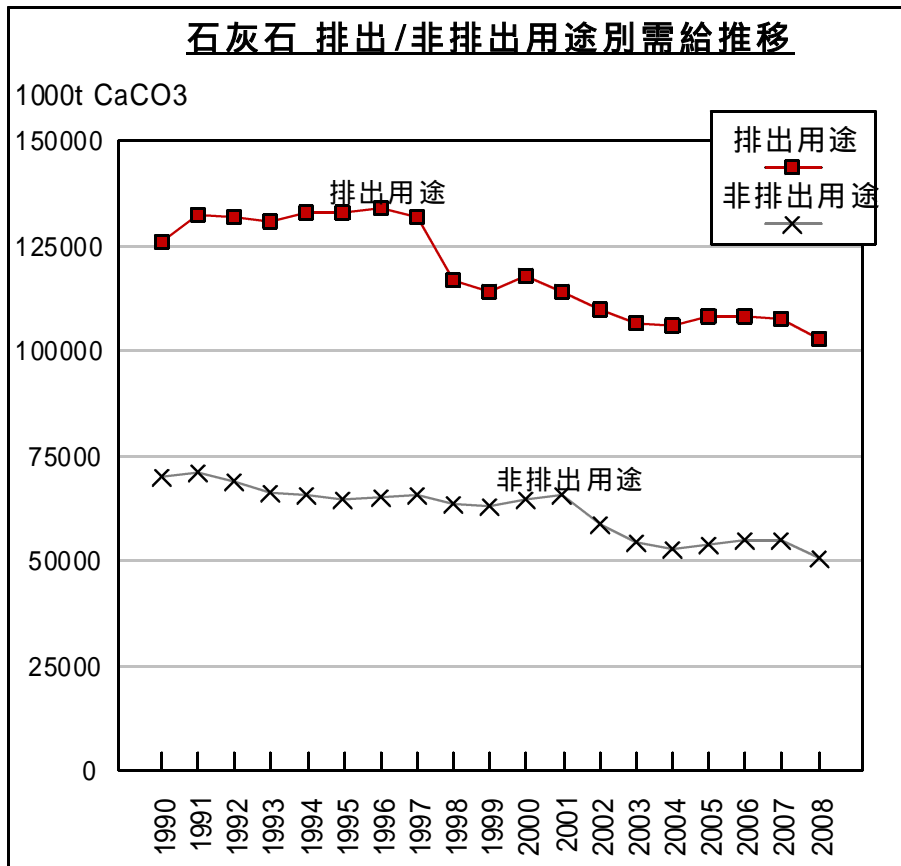
[表3-1-1-1. 石灰石排出・非排出用途別需給及び石灰石起源CO<sub>2</sub> 排出量推計値]

| 1000tCaCO <sub>3</sub>                      | 1990年  | 2000年  | 2005年  | 2006年  | 2007年  | 90-07  | 07/90増減比 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| <b>(石灰石一次供給)</b>                            |        |        |        |        |        |        |          |
| 国内生産  | 198224 | 185569 | 165240 | 166621 | 165982 | -32243 | -0.163   |
| 輸入  | 1      | 283    | 294    | 324    | 439    | + 438  | +486.4   |
| 輸出  | - 1945 | - 3118 | - 3317 | - 3518 | - 3221 | - 1275 | +0.656   |
| 国内供給  | 196280 | 182734 | 162217 | 163428 | 163200 | -33080 | -0.169   |
| <b>(最終消費/排出)</b>                            |        |        |        |        |        |        |          |
| 126206                                      | 117996 | 108112 | 108471 | 108047 | -18159 | -0.144 |          |
| 鋁業(排煙脱硫)                                    | 1951   | 2052   | 2423   | 2227   | 2494   | + 542  | +0.278   |
| 食料品   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | ---      |
| 紙パ  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | ---      |
| 化学  | 4074   | 1723   | 703    | 885    | 998    | - 3076 | -0.755   |
| 窯業土石  | 105201 | 100198 | 92044  | 92192  | 91130  | -14070 | -0.134   |
| ガラス   | 69     | 25     | 33     | 31     | 28     | - 42   | -0.602   |
| セメント  | 89070  | 85051  | 76073  | 75832  | 74071  | -14999 | -0.168   |
| 陶磁器   | 315    | 1009   | 439    | 559    | 639    | + 324  | +1.028   |
| 他(生石灰他)                                     | 15417  | 14113  | 15500  | 15770  | 16392  | + 645  | +0.041   |
| 鉄鋼  | 13387  | 13082  | 12489  | 12578  | 12740  | - 1148 | -0.083   |
| 非鉄金属  | 1092   | 941    | 453    | 589    | 686    | - 405  | -0.371   |
| 他製造業  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | ---      |
| 他   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | -1.000   |
| <b>(最終消費/非排出)</b>                           |        |        |        |        |        |        |          |
| 70074                                       | 64738  | 54105  | 54957  | 55153  | -14922 | -0.213 |          |
| 鋁業  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | ---      |
| 食料品   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | ---      |
| 紙パ  | 8026   | 7323   | 3001   | 3779   | 4264   | - 3761 | -0.469   |
| 化学(ソーダ灰他)                                   | 2573   | 1074   | 570    | 588    | 599    | - 1973 | -0.767   |
| 窯業土石(炭カル)                                   | 459    | 499    | 410    | 398    | 404    | - 56   | -0.121   |
| 鉄鋼  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | ---      |
| 非鉄金属  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | ---      |
| 他製造業  | 202    | 105    | 40     | 50     | 55     | - 147  | -0.726   |
| 他(砕石・骨材)                                    | 58814  | 55738  | 50084  | 50141  | 49830  | - 8984 | -0.153   |
| <b>(CO<sub>2</sub>排出量 ktCO<sub>2</sub>)</b> |        |        |        |        |        |        |          |
| 55494                                       | 51884  | 47538  | 47696  | 47510  | - 7985 | -0.144 |          |

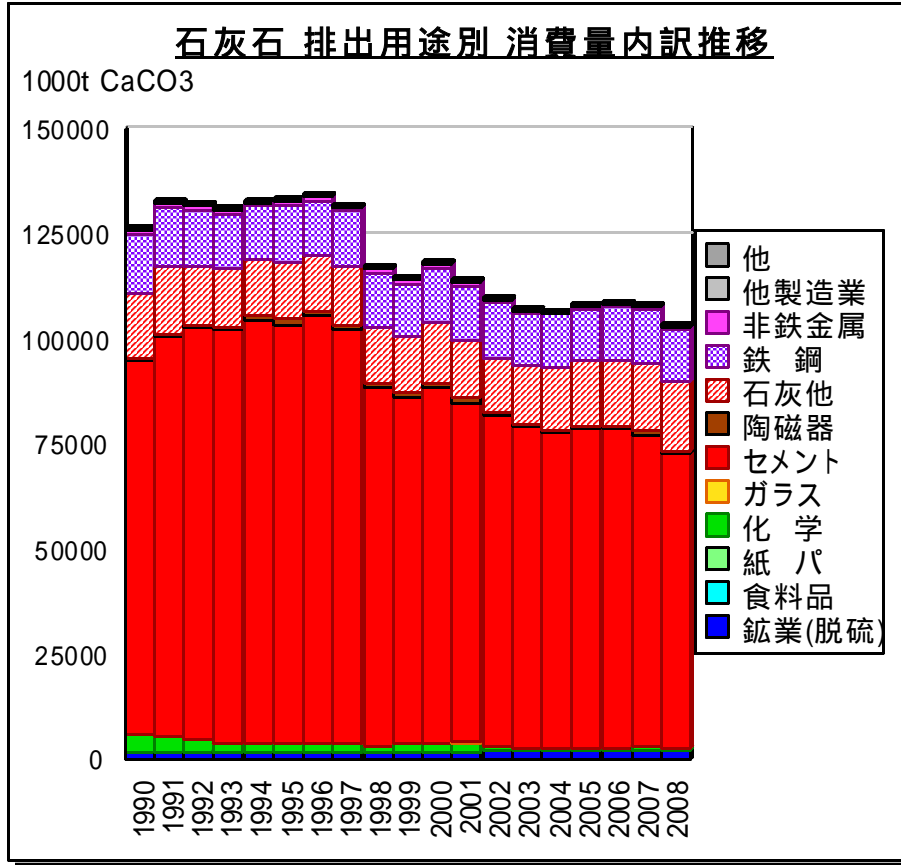
[图3-1-1-1. 石灰石 排出/非排出用途別需給推移]



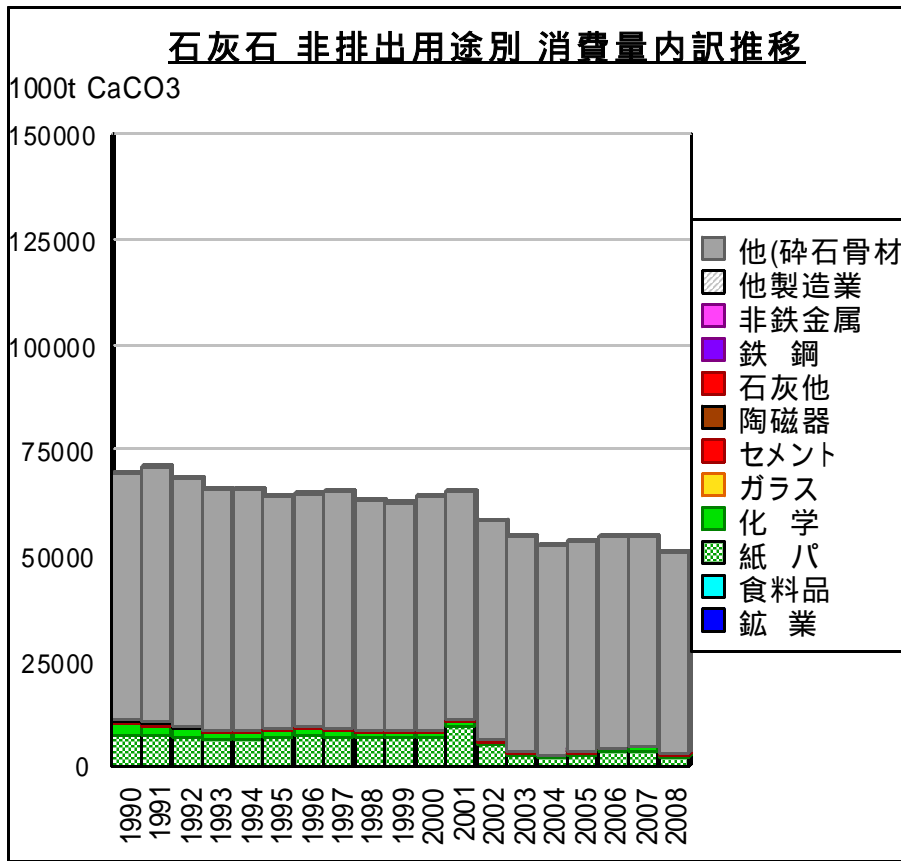
[图3-1-1-2. 石灰石 排出/非排出用途別需給推移]



[図3-1-1-3. 石灰石 排出用途別 消費量内訳推移]



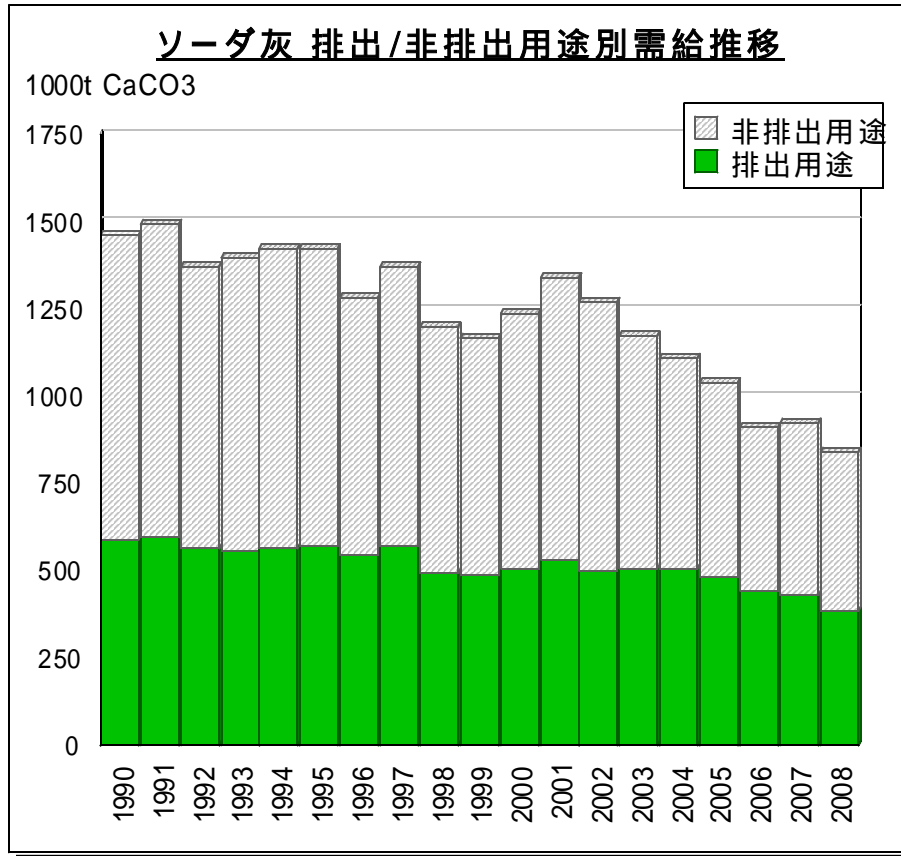
[図3-1-1-4. 石灰石 非排出用途別 消費量内訳推移]



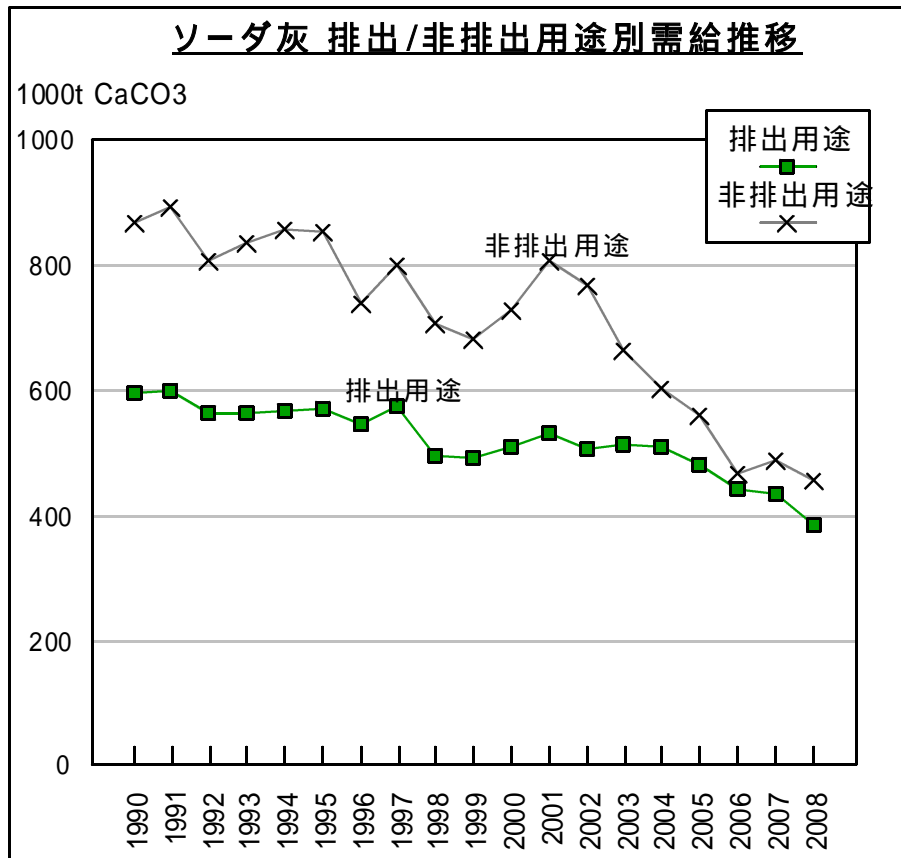
[表3-1-1-2. ソーダ灰排出・非排出用途別需給及びCO<sub>2</sub>排出量]

| 1000tCaCO <sub>3</sub>                      | 1990年 | 2000年 | 2005年 | 2006年 | 2007年 | 90-07 | 07/90増減比 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| <b>(ソーダ灰一次供給)</b>                           |       |       |       |       |       |       |          |
| 国内生産  | 1066  | 629   | 373   | 336   | 309   | - 757 | -0.710   |
| 輸 入   | 460   | 616   | 671   | 579   | 616   | + 156 | +0.338   |
| 輸 出   | - 63  | - 5   | - 1   | - 2   | - 2   | + 61  | -0.963   |
| 国内供給  | 1464  | 1240  | 1043  | 913   | 923   | - 541 | -0.369   |
| <b>(最終消費/排出)</b>                            |       |       |       |       |       |       |          |
|   | 596   | 511   | 483   | 443   | 435   | - 161 | -0.270   |
| 鋳 業   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | ---      |
| 食料品   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | ---      |
| 紙 パ   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | ---      |
| 化 学   | 198   | 207   | 159   | 135   | 137   | - 62  | -0.310   |
| 窯業土石  | 329   | 239   | 259   | 252   | 236   | - 93  | -0.282   |
| ガラス   | 313   | 225   | 252   | 247   | 232   | - 82  | -0.260   |
| セメント  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | ---   | ---      |
| 陶磁器   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | - 0   | -0.188   |
| 石灰他   | 16    | 13    | 7     | 5     | 4     | - 11  | -0.712   |
| 鉄 鋼   | 18    | 11    | 6     | 5     | 5     | - 13  | -0.726   |
| 非鉄金属  | 10    | 9     | 5     | 4     | 4     | - 6   | -0.634   |
| 他製造業  | 20    | 19    | 23    | 20    | 22    | + 2   | +0.093   |
| 他   | 21    | 25    | 32    | 28    | 31    | + 10  | +0.496   |
| <b>(最終消費/非排出)</b>                           |       |       |       |       |       |       |          |
|   | 868   | 730   | 560   | 469   | 488   | - 380 | -0.437   |
| 鋳 業   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | ---      |
| 食料品   | 151   | 159   | 88    | 67    | 65    | - 87  | -0.573   |
| 紙 パ   | 9     | 14    | 8     | 6     | 6     | - 3   | -0.353   |
| 化 学   | 269   | 244   | 187   | 165   | 167   | - 102 | -0.378   |
| 窯業土石  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | ---      |
| 鉄 鋼   | 205   | 190   | 197   | 169   | 187   | - 18  | -0.087   |
| 非鉄金属  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | ---      |
| 他製造業  | 145   | 100   | 34    | 21    | 15    | - 130 | -0.895   |
| 他   | 87    | 24    | 45    | 41    | 48    | - 40  | -0.453   |
| <b>(CO<sub>2</sub>排出量 ktCO<sub>2</sub>)</b> | 262   | 225   | 212   | 195   | 191   | - 71  | -0.270   |

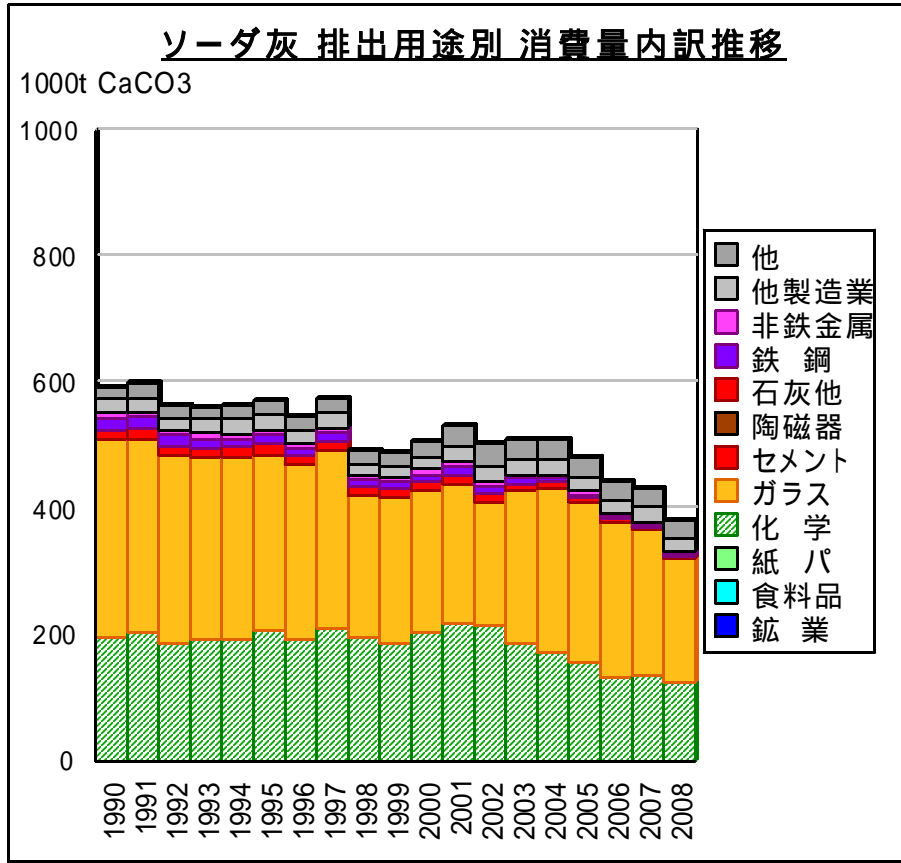
[図3-1-2-1. ソーダ灰 排出/非排出用途別需給推移]



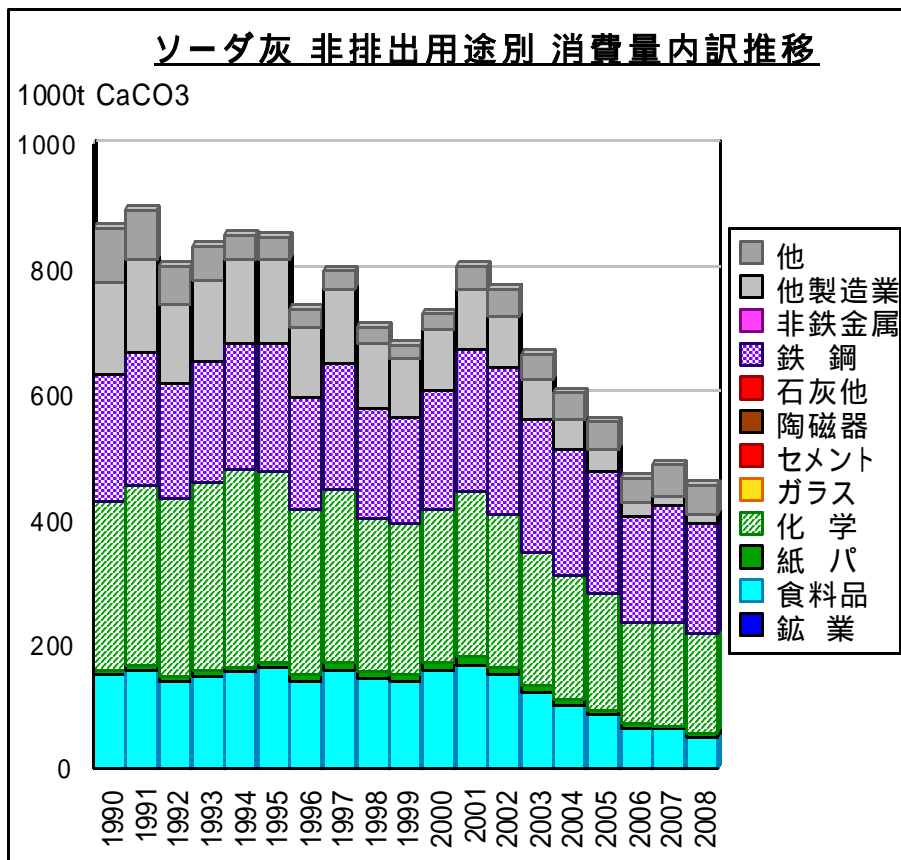
[図3-1-2-2. ソーダ灰 排出/非排出用途別需給推移]



[図3-1-2-3. ソーダ灰 排出用途別 消費量内訳推移]



[図3-1-2-4. ソーダ灰 非排出用途別 消費量内訳推移]

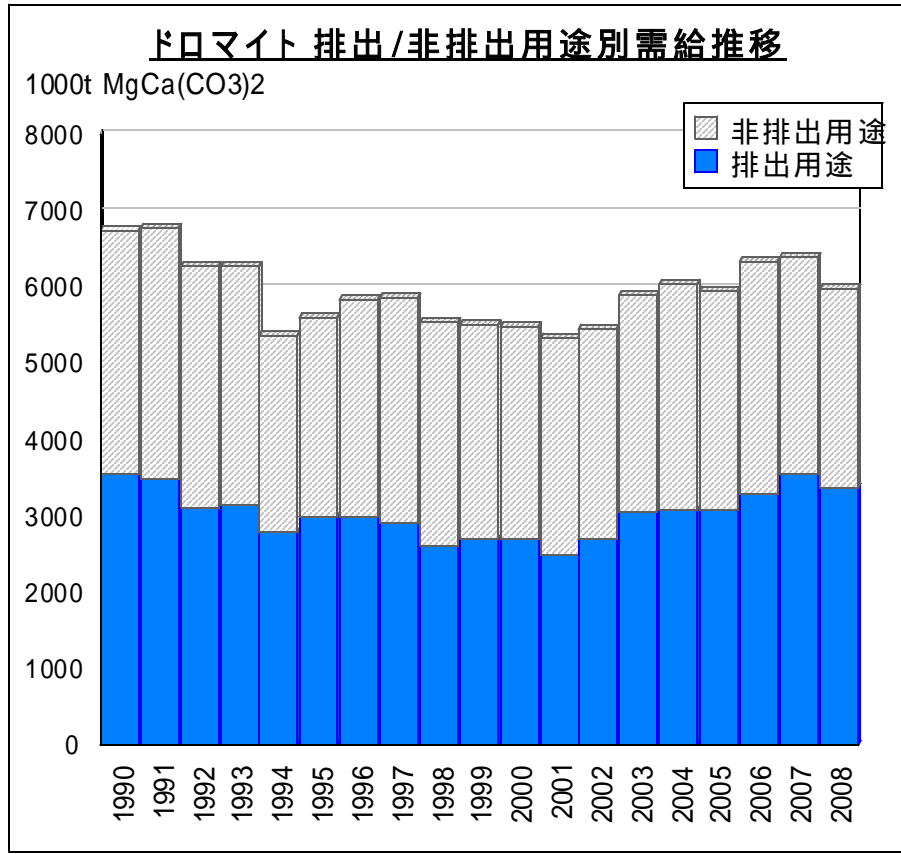




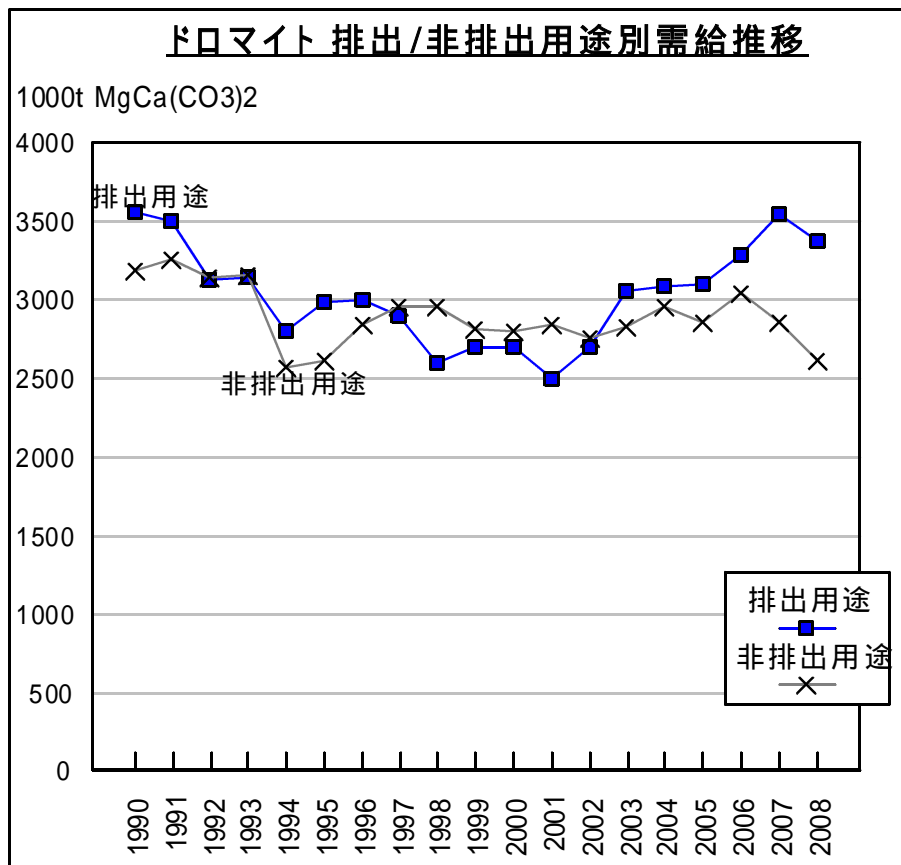
[表3-1-1-3. ドロマイト排出・非排出用途別需給及びドロマイト起源CO<sub>2</sub>排出量]

| 1000t MgCa(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>   | 1990年 | 2000年 | 2005年 | 2006年 | 2007年 | 90-07  | 07/90増減比 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|
| <b>(ドロマイト一次供給)</b>                          |       |       |       |       |       |        |          |
| 国内生産  | 5371  | 3539  | 3534  | 3695  | 3655  | - 1715 | -0.319   |
| 輸 入   | 1383  | 1964  | 2426  | 2638  | 2757  | + 1374 | +0.993   |
| 輸 出   | - 0   | - 0   | - 0   | - 0   | - 3   | - 2    | -39.05   |
| 国内供給  | 6754  | 5504  | 5960  | 6333  | 6409  | - 344  | -0.051   |
| <b>(最終消費/排出)</b>                            |       |       |       |       |       |        |          |
|   | 3561  | 2703  | 3101  | 3290  | 3546  | - 15   | -0.004   |
| 鋳 業   | 82    | 47    | 61    | 69    | 79    | - 3    | -0.041   |
| 食料品   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | ---    | ---      |
| 紙 パ   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | ---    | ---      |
| 化 学   | 152   | 92    | 55    | 52    | 48    | - 105  | -0.688   |
| 窯業土石  | 2075  | 1337  | 1409  | 1504  | 1604  | - 471  | -0.227   |
| ガラス   | 273   | 210   | 239   | 233   | 212   | - 61   | -0.224   |
| セメント  | 321   | 111   | 111   | 120   | 131   | - 191  | -0.594   |
| 陶磁器   | 857   | 665   | 768   | 850   | 948   | + 92   | +0.107   |
| 石灰他   | 624   | 351   | 291   | 301   | 313   | - 311  | -0.498   |
| 鉄 鋼   | 1208  | 1195  | 1554  | 1645  | 1797  | + 589  | +0.488   |
| 非鉄金属  | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     | 1      | -0.761   |
| 他製造業  | 38    | 24    | 12    | 10    | 8     | - 30   | -0.791   |
| 他   | 4     | 8     | 9     | 10    | 11    | + 6    | +1.421   |
| <b>(最終消費/非排出)</b>                           |       |       |       |       |       |        |          |
|   | 3193  | 2801  | 2859  | 3043  | 2863  | - 330  | -0.103   |
| 鋳 業   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | ---    | ---      |
| 食料品   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | ---    | ---      |
| 紙 パ   | 358   | 260   | 205   | 209   | 214   | - 143  | -0.401   |
| 化 学   | 8     | 6     | 4     | 3     | 3     | - 5    | -0.603   |
| 窯業土石  | 30    | 19    | 27    | 31    | 35    | + 5    | +0.172   |
| 鉄 鋼   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | ---    | ---      |
| 非鉄金属  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | ---    | ---      |
| 他製造業  | 80    | 61    | 52    | 54    | 57    | - 23   | -0.291   |
| 他   | 2717  | 2455  | 2572  | 2746  | 2553  | - 163  | -0.060   |
| <b>(CO<sub>2</sub>排出量 ktCO<sub>2</sub>)</b> |       |       |       |       |       |        |          |
|   | 1700  | 1290  | 1480  | 1570  | 1693  | - 7    | -0.004   |

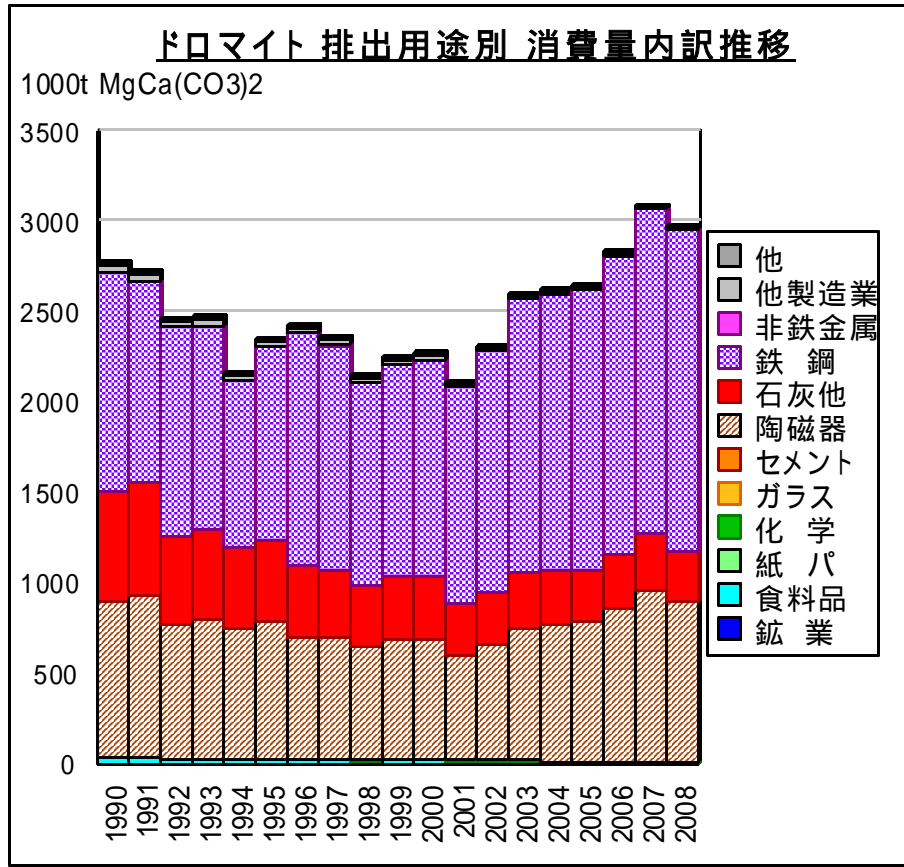
[図3-1-3-1. ドロマイト 排出/非排出用途別需給推移]



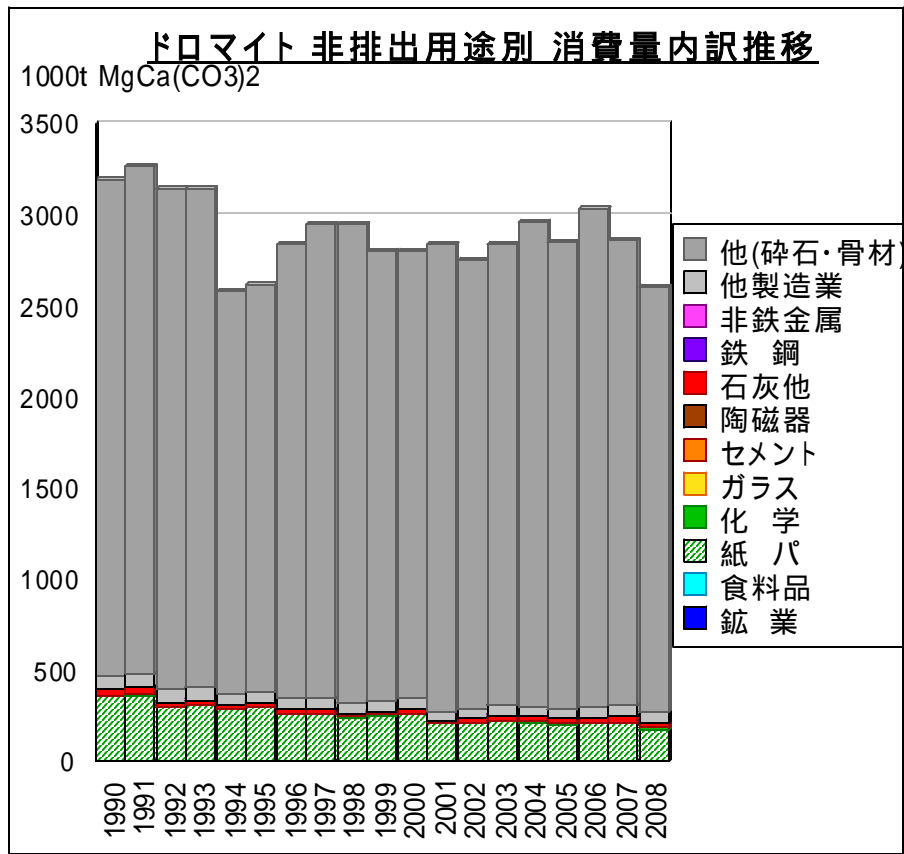
[図3-1-3-2. ドロマイト 排出/非排出用途別需給推移]



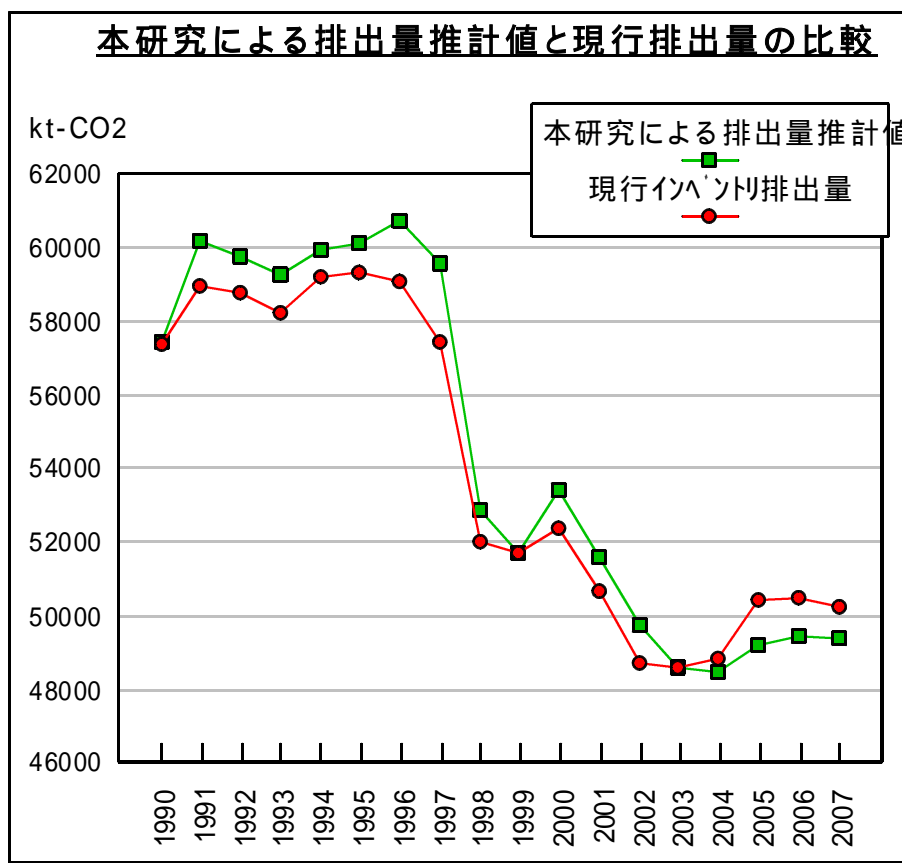
[図3-1-3-3. ドロマイト 排出用途別 消費量内訳推移]



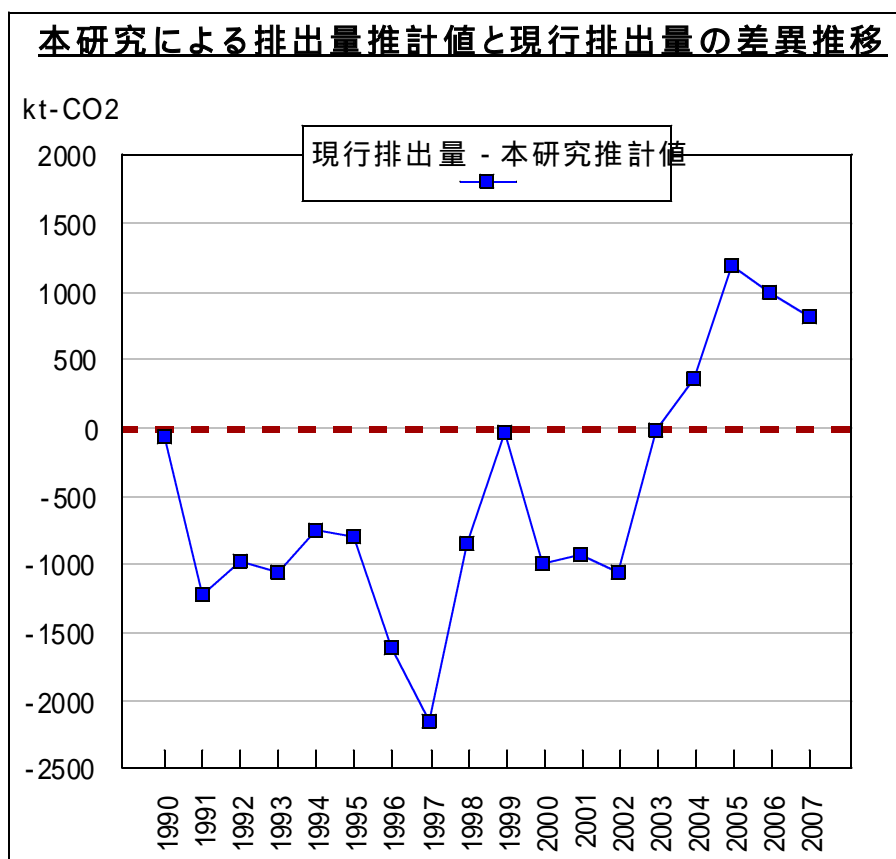
[図3-1-3-4. ドロマイト 非排出用途別 消費量内訳推移]



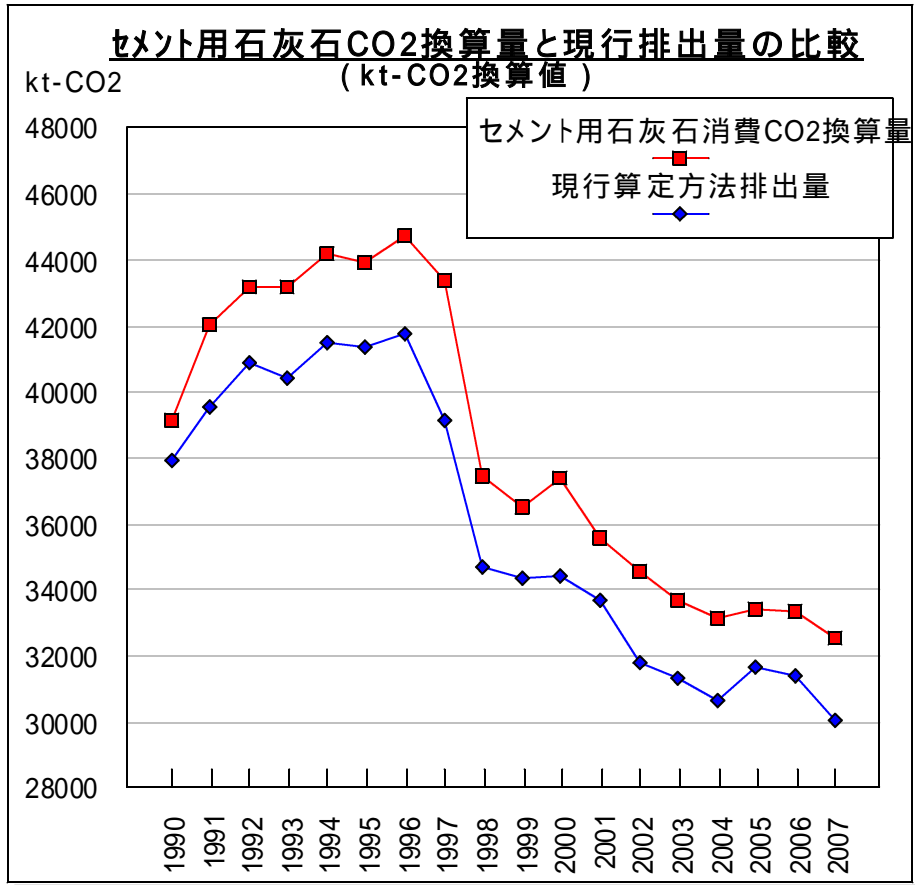
[図3-2-2-1. 本研究による石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> 排出量推計値と現行排出量の比較]



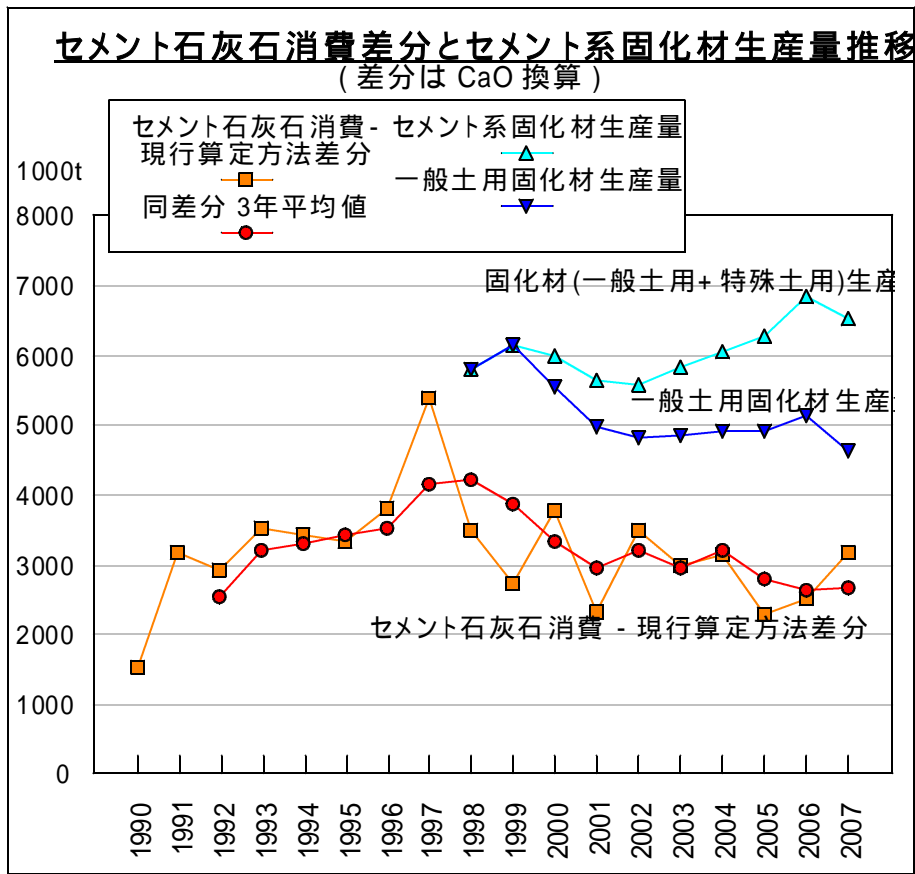
[図3-2-2-2. 本研究による石灰石・ドロマイト起源CO<sub>2</sub> 排出量推計値と現行排出量の差異推移]



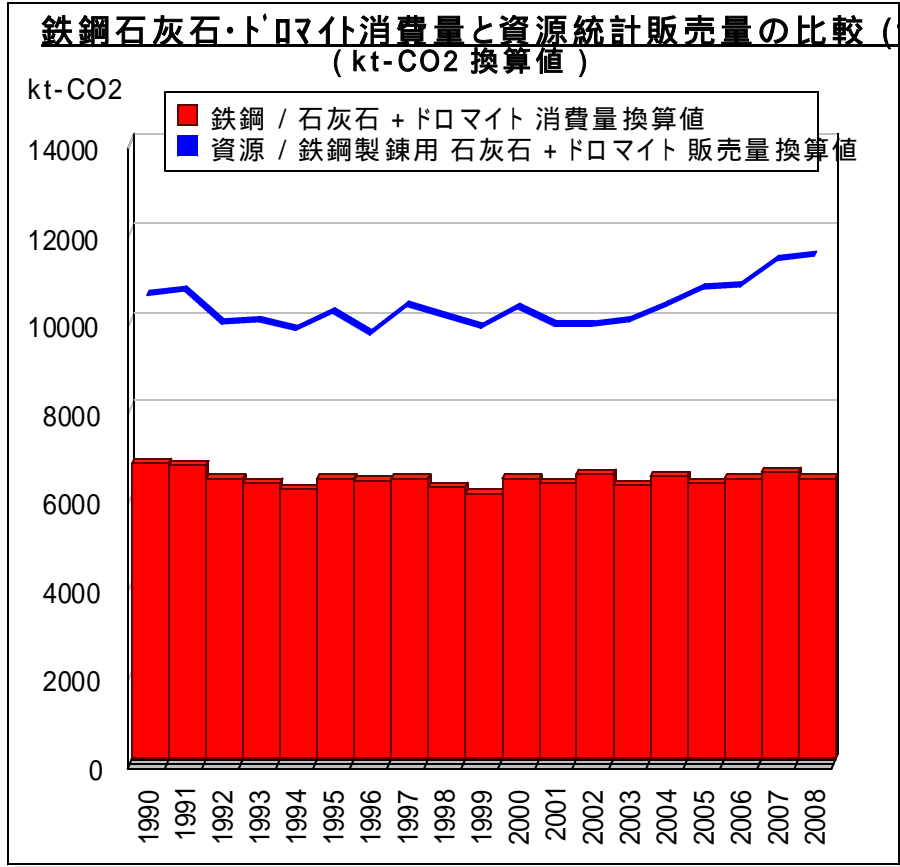
[図4-1-1-1. セメント用石灰石消費 CO<sub>2</sub> 換算量と現行算定方法排出量の比較]



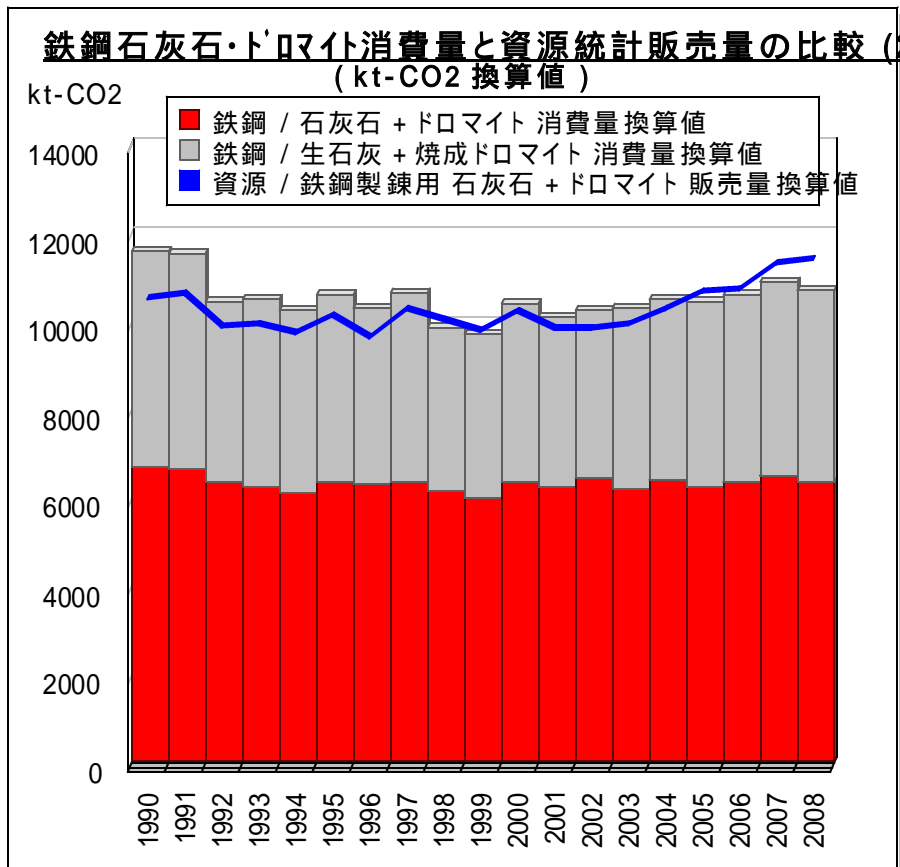
[図4-1-1-2. セメント用石灰石消費量-現行算定方法差分とセメント系固化材生産量推移]



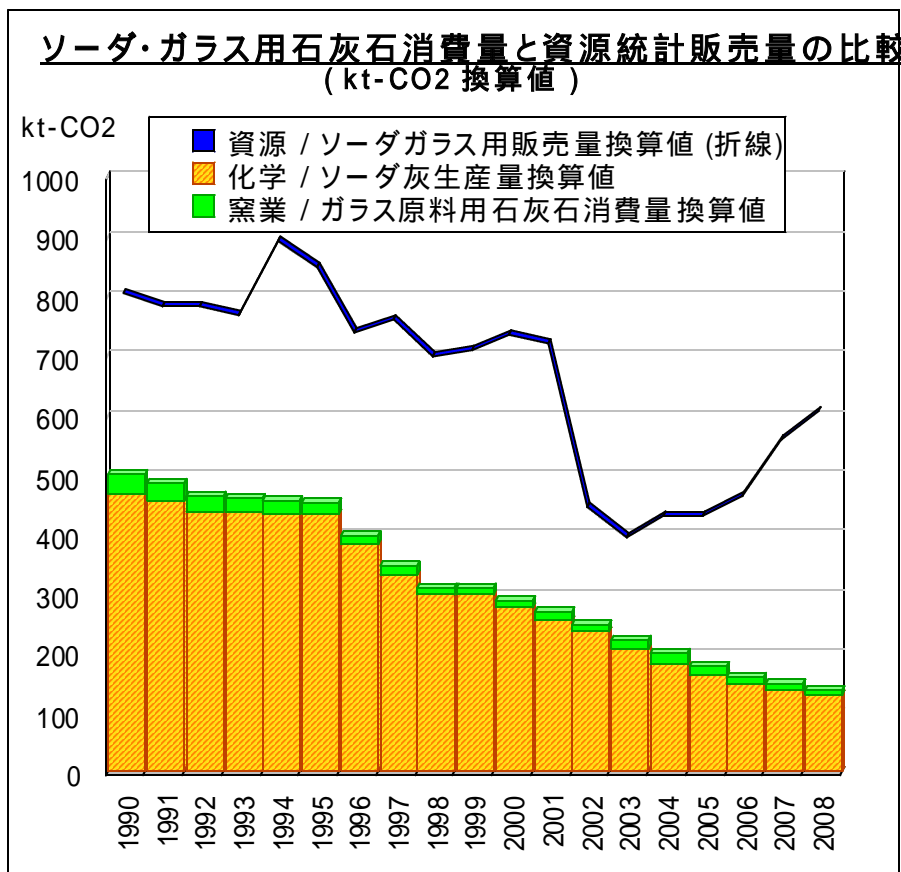
[図4-1-2-1. 鉄鋼石灰石・ドロマイト消費量と資源統計販売量の比較 (1)]



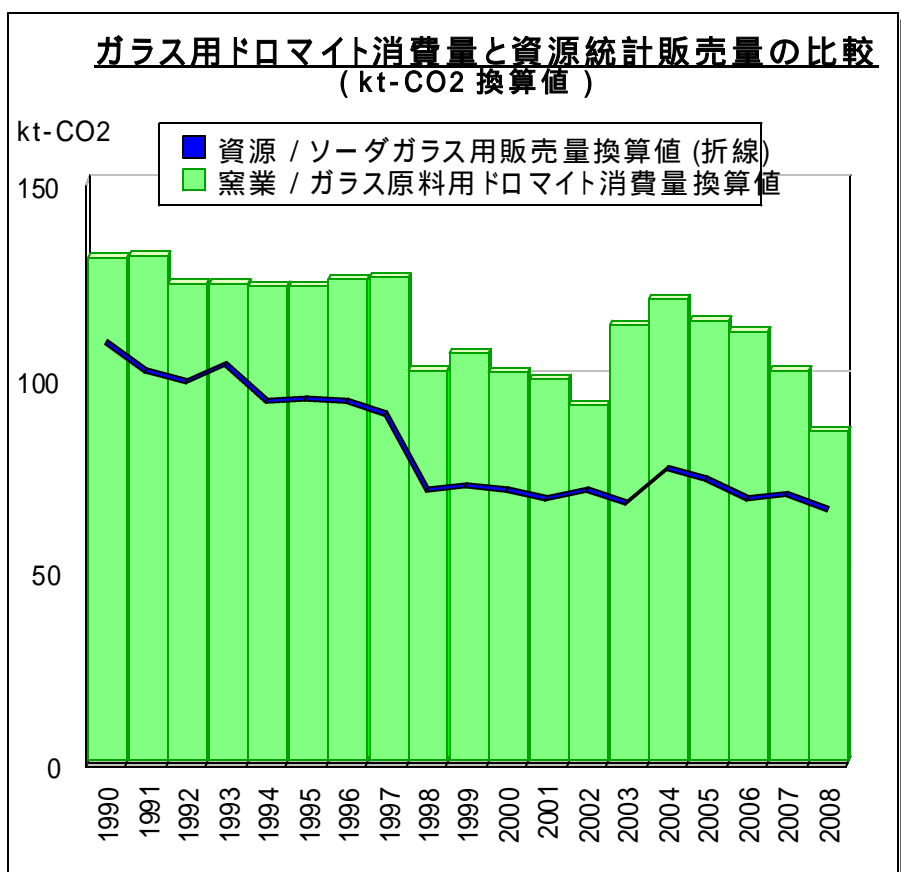
[図4-1-2-2. 鉄鋼石灰石・ドロマイト消費量と資源統計販売量の比較 (2)]



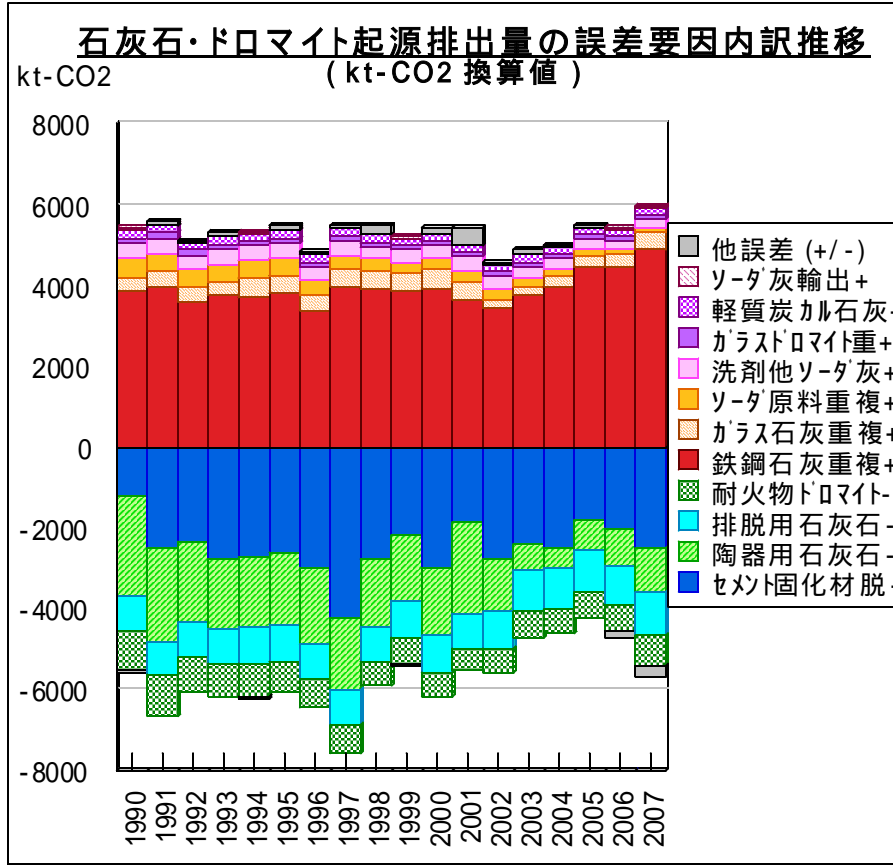
[図4-1-3-1. ソーダ・ガラス用石灰石消費量と資源統計による販売量の比較]



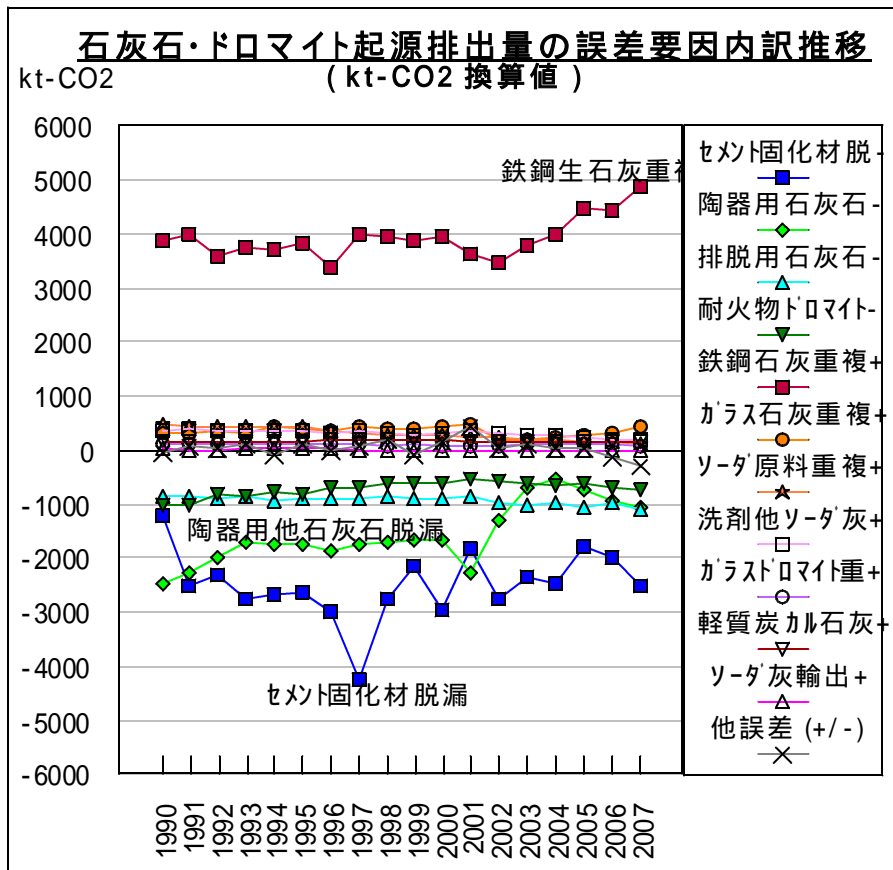
[図4-1-3-2. ガラス用ドロマイト消費量と資源統計による販売量の比較]



[図4-1-5-1. 現行石灰石・ドロマイト起源 CO2 排出量の誤差要因内訳推移]



[図4-1-5-2. 現行石灰石・ドロマイト起源 CO2 排出量の誤差要因内訳推移]





## 補 論

### 補論1. 石灰石・ドロマイトの原材料使用量などの回帰分析による推計結果

鉱工業統計において調査項目が廃止され値が解らなくなってしまった原材料使用量などについて、数値が得られている製品別生産量や過去の実績値などからの回帰分析により推計を行った結果を示す。

実際に温室効果ガスインベントリを作成する際には、これらの数値は可能な限り関係業界団体などに協力を求め正確な値を使用すべきと考えられる。

表示は全て  $Y(t)$  (被説明変数) =  $\sum_i (a_i \cdot X_i(t)) + a_0$  (定数項) +  $e(t)$  (誤差) 又は同式で被説明変数・説明変数を対数とした場合(LNと表示)の  $a_i$  及び  $a_0$  を示す。

時系列は 1990年を 1とする逓増等差数列による。

( )内は p値、判定欄の \*\*\* は 99%水準で有意、\*\* は 95%水準で有意、\* は 90%水準で有意、-- は有意でないことを示す。

#### 1. 資源・エネルギー統計 土建用石灰石・ドロマイト販売量中「その他土建用」

##### 1-1. 石灰石 その他土建用 販売量 2000年以降分

|        | 道路用     | コンクリート骨材用 | 定数項       | R <sup>2</sup> |
|--------|---------|-----------|-----------|----------------|
| ai, a0 | -0.108  | -0.367    | +20286302 | 0.526          |
| p値     | (0.185) | (0.043)   | (0.000)   |                |
| 判定     | --      | **        | ***       |                |

##### 1-2. ドロマイト その他土建用 販売量 2000年以降分

|        | 道路用     | コンクリート骨材用 | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|--------|---------|-----------|---------|----------------|
| ai, a0 | -0.243  | +0.178    | +19212  | 0.941          |
| p値     | (0.003) | (0.064)   | (0.649) |                |
| 判定     | ***     | *         | --      |                |

#### 2. 化学工業統計「ソーダ灰生産量」及び「ソーダ灰化学工業原材料使用量」

##### 2-1. ソーダ灰生産量 2001年以降分 LN

| LN     | ガラス生産量  | ソーダ灰生産(-1) | 時系列     | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|--------|---------|------------|---------|---------|----------------|
| ai, a0 | -0.362  | +0.754     | -0.028  | +8.776  | 0.949          |
| p値     | (0.520) | (0.049)    | (0.126) | (0.000) |                |
| 判定     | --      | **         | --      | ***     |                |

##### 2-2. ソーダ灰化学工業原材料使用量 2002年以降分 (一部LN)

| ソーダ工業 LN |         |         |                | 環式化合物 LN |         |         |                |
|----------|---------|---------|----------------|----------|---------|---------|----------------|
| LN       | 時系列     | 定数項     | R <sup>2</sup> | LN       | 時系列     | 定数項     | R <sup>2</sup> |
| ai, a0   | -0.703  | +9.946  | 0.642          | ai, a0   | -0.422  | +9.003  | 0.866          |
| p値       | (0.002) | (0.000) |                | p値       | (0.000) | (0.000) |                |
| 判定       | ***     | ***     |                | 判定       | ***     | ***     |                |
| 無機薬品     |         |         |                | 油脂製品     |         |         |                |
|          | 時系列     | 定数項     | R <sup>2</sup> |          | 時系列     | 定数項     | R <sup>2</sup> |
| ai, a0   | -2146.  | +84592. | 0.638          | ai, a0   | +1246.  | +82626. | 0.124          |
| p値       | (0.002) | (0.000) |                | p値       | (0.259) | (0.000) |                |
| 判定       | ***     | ***     |                | 判定       | --      | ***     |                |

### 3. 窯業・建材統計 ガラス原材料使用中「ソーダ灰」「ドロマイト」「石灰石」

#### 3-1. ソーダ灰 ガラス原材料使用量 2005年以降分 LN

| LN    | 板ガラス生産  | ガラス繊維生産 | ガラス屑使用  | ソーダ灰使用(-1) | 時系列     | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|---------|---------|------------|---------|---------|----------------|
| ai,a0 | +1.057  | +0.176  | +0.106  | +0.233     | +0.003  | -10.58  | 0.973          |
| p値    | (0.000) | (0.449) | (0.386) | (0.128)    | (0.554) | (0.000) |                |
| 判定    | ***     | --      | --      | --         | --      | ***     |                |

#### 3-2. ドロマイト ガラス原材料使用量 2005年以降分 LN

| LN    | 板ガラス生産  | ガラス繊維生産 | ガラス屑使用  | ドロマイト使用(-1) | 時系列     | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|---------|---------|-------------|---------|---------|----------------|
| ai,a0 | +0.992  | +0.433  | +0.058  | +0.174      | +0.005  | -10.40  | 0.955          |
| p値    | (0.000) | (0.104) | (0.808) | (0.237)     | (0.369) | (0.000) |                |
| 判定    | ***     | --      | --      | --          | --      | ***     |                |

#### 3-3. 石灰石 ガラス原材料使用量 2005年以降分 LN

| LN    | 板ガラス生産  | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|---------|----------------|
| ai,a0 | +2.905  | -30.48  | 0.906          |
| p値    | (0.000) | (0.000) |                |
| 判定    | ***     | ***     |                |

### 4. 鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計 鉄鋼原材料使用中「石灰石」(「生石灰」-参考)

#### 4-1. 石灰石 焼結用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分 LN

| LN    | 銑鉄生産量   | 石灰石使用(-1) | 時系列     | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|-----------|---------|---------|----------------|
| ai,a0 | +0.537  | -0.184    | -0.012  | +9.675  | 0.866          |
| p値    | (0.002) | (0.361)   | (0.000) | (0.000) |                |
| 判定    | ***     | --        | ***     | ***     |                |

#### 4-2. 石灰石 製鉄用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分 LN

| LN    | 銑鉄生産量   | 石灰石使用(-1) | 時系列     | DM(2001年以降1) | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|-----------|---------|--------------|---------|----------------|
| ai,a0 | +2.420  | -0.100    | -0.043  | +0.666       | -30.65  | 0.832          |
| p値    | (0.090) | (0.649)   | (0.037) | (0.008)      | (0.000) |                |
| 判定    | *       | --        | **      | ***          | ***     |                |

#### 4-3. 石灰石 フェオアロイ(FA)用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分 LN

| LN    | FA生産量   | 石灰石使用(-1) | 時系列     | DM(2001,2年=1) | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|-----------|---------|---------------|---------|----------------|
| ai,a0 | +1.491  | -0.355    | -0.035  | +0.579        | -5.140  | 0.877          |
| p値    | (0.018) | (0.154)   | (0.026) | (0.000)       | (0.000) |                |
| 判定    | **      | --        | **      | ***           | ***     |                |

#### 4-4. 石灰石 製鋼用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分 LN

| LN    | 転炉普通鋼   | 転炉特殊鋼   | 電炉普通鋼   | 電炉特殊鋼   | 時系列     | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|
| ai,a0 | +1.156  | -0.237  | +4.529  | -3.006  | +0.081  | -34.10  | 0.844          |
| p値    | (0.424) | (0.814) | (0.067) | (0.056) | (0.012) | (0.000) |                |
| 判定    | --      | --      | *       | *       | **      | ***     |                |

#### 4-5. 石灰石 他用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分

|       | 焼結用     | FA用     | 銑鉄用     | 製鋼用     | 粗鋼生産    | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|
| ai,a0 | -0.005  | -0.038  | -0.019  | +0.023  | +0.001  | -29882. | 0.983          |
| p値    | (0.302) | (0.401) | (0.833) | (0.144) | (0.006) | (0.000) |                |
| 判定    | --      | --      | --      | --      | ***     | ***     |                |

#### 4-6. 生石灰 焼結用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分 LN (参考値)

| LN    | 銑鉄生産量   | 生石灰使用(-1) | 時系列     | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|-----------|---------|---------|----------------|
| ai,a0 | +2.837  | -0.047    | -0.018  | -37.87  | 0.859          |
| p値    | (0.000) | (0.761)   | (0.005) | (0.000) |                |
| 判定    | ***     | --        | ***     | ***     |                |

4-7. 生石灰 製鉄用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分 LN (参考値)

| LN    | 銑鉄生産量   | 生石灰使用(-1) | 時系列     | DM(2001,2年=1) | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|-----------|---------|---------------|---------|----------------|
| ai,a0 | -2.039  | +0.030    | +0.019  | -0.410        | +47.37  | 0.817          |
| p値    | (0.059) | (0.864)   | (0.121) | (0.001)       | (0.000) |                |
| 判定    | *       | --        | --      | ***           | ***     |                |

4-8. 生石灰 フェロアロイ(FA)用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分 (参考値)

|       | FA生産量   | 生石灰使用(-1) | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|-----------|---------|----------------|
| ai,a0 | +0.002  | +0.866    | -1740.  | 0.961          |
| p値    | (0.914) | (0.000)   | (0.000) |                |
| 判定    | --      | ***       | --      |                |

4-9. 生石灰 製鋼用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分 (参考値)

|       | 転炉普通鋼   | 転炉特殊鋼   | 電炉普通鋼   | 電炉特殊鋼   | 生石灰使用(-1) | 時系列     | 定数項      | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|----------------|
| ai,a0 | +0.024  | +0.011  | -0.033  | +0.197  | +0.080    | -33044. | +852299. | 0.946          |
| p値    | (0.041) | (0.744) | (0.385) | (0.026) | (0.685)   | (0.058) | (0.000)  |                |
| 判定    | **      | --      | --      | **      | --        | *       | ***      |                |

4-10. 生石灰 他用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分 LN (参考値)

| LN    | 焼結用     | FA用     | 銑鉄用     | 製鋼用     | 粗鋼生産    | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|
| ai,a0 | -3.400  | -0.768  | +1.225  | -13.34  | +20.64  | -127.26 | 0.782          |
| p値    | (0.066) | (0.220) | (0.012) | (0.026) | (0.002) | (0.000) |                |
| 判定    | *       | --      | **      | **      | ***     | ***     |                |

5. 鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計 鉄鋼原材料使用中「ドロマイト」「焼成ドロマイト」

5-1. ドロマイト 焼結用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分

|       | 銑鉄生産量   | ドロマイト使用(-1) | 時系列     | DM(1992.3,9=1) | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|-------------|---------|----------------|---------|----------------|
| ai,a0 | +0.030  | +0.030      | +12940. | +179897.       | +9.675  | 0.866          |
| p値    | (0.021) | (0.915)     | (0.092) | (0.005)        | (0.000) |                |
| 判定    | **      | --          | *       | ***            | ***     |                |

5-2. ドロマイト 電気炉用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分 LN

| LN    | 電炉普通鋼   | ドロマイト使用(-1) | 時系列     | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|-------------|---------|---------|----------------|
| ai,a0 | +2.011  | +0.410      | -0.011  | -28.75  | 0.823          |
| p値    | (0.068) | (0.123)     | (0.512) | (0.000) |                |
| 判定    | *       | --          | --      | ***     |                |

5-3. ドロマイト 他用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分

|       | 粗鋼生産    | 転炉特殊鋼   | 時系列     | 定数項      | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|---------|---------|----------|----------------|
| ai,a0 | +0.000  | +0.023  | +6861.  | -218298. | 0.930          |
| p値    | (0.959) | (0.030) | (0.055) | (0.000)  |                |
| 判定    | --      | **      | *       | ***      |                |

5-4. 焼成ドロマイト 転炉用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分 (参考値)

|       | 転炉普通鋼   | 転炉特殊鋼   | 焼ドロマイト使用(-1) | 定数項      | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|---------|--------------|----------|----------------|
| ai,a0 | +0.006  | -0.001  | +0.922       | -328331. | 0.855          |
| p値    | (0.148) | (0.923) | (0.000)      | (0.000)  |                |
| 判定    | --      | --      | ***          | ***      |                |

5-5. 焼成ドロマイト 電気炉用 鉄鋼原材料使用量 2004年以降分 LN (参考値)

| LN    | 電炉普通鋼   | 電炉特殊鋼   | 焼ドロマイト使用(-1) | 時系列     | DM(96-00=1) | 定数項     | R <sup>2</sup> |
|-------|---------|---------|--------------|---------|-------------|---------|----------------|
| ai,a0 | +0.231  | +0.365  | +0.488       | +0.012  | +0.433      | -4.631  | 0.964          |
| p値    | (0.811) | (0.578) | (0.003)      | (0.264) | (0.000)     | (0.000) |                |
| 判定    | --      | --      | ***          | --      | ***         | ***     |                |

## 補論2. 石灰石・ドロマイト及び関連誘導品とCO<sub>2</sub> の重量換算表

### 1. 関係原子量 (IUPAC / 日本化学会原子量委員会(2009))( g )

|    |        |        |
|----|--------|--------|
| Ca | カルシウム  | 40.078 |
| Mg | マグネシウム | 24.305 |
| Na | ナトリウム  | 22.990 |
| H  | 水素     | 1.008  |
| C  | 炭素     | 12.011 |
| O  | 酸素     | 15.999 |

### 2. 石灰石・ドロマイト及び関連誘導品分子量 ( g/mol )

|                                     |         |         |
|-------------------------------------|---------|---------|
| CaCO <sub>3</sub>                   | 石灰石     | 100.087 |
| CaO                                 | 生石灰     | 56.077  |
| Ca(OH) <sub>2</sub>                 | 消石灰     | 74.093  |
| Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>     | ソーダ灰    | 105.988 |
| CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | ドロマイト   | 184.401 |
| CaO・MgO                             | 焼成ドロマイト | 96.382  |
| (CO <sub>2</sub>                    | 二酸化炭素   | 44.010) |

### 3. 石灰石・ドロマイト及び関連誘導品重量 - 焼成時排出 CO<sub>2</sub> 重量換算 ( gCO<sub>2</sub>/g )

|                                     |         |        |
|-------------------------------------|---------|--------|
| CaCO <sub>3</sub>                   | 石灰石     | 0.4397 |
| CaO                                 | 生石灰     | 0.7848 |
| Ca(OH) <sub>2</sub>                 | 消石灰     | 0.5938 |
| Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>     | ソーダ灰    | 0.4152 |
| CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | ドロマイト   | 0.4773 |
| CaO・MgO                             | 焼成ドロマイト | 0.8413 |

## 参考文献

- 1) UNFCCC "UNFCCC Inventory Reporting Guidelines" (2006) FCCC/SBSTA/2006/9
- 2) IPCC-NGGIP "Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories" (1998)
- 3) IPCC-NGGIP "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories" (2008)
- 4) 環境省「温室効果ガス算定方法検討会」議事概要及び検討結果（各年度版）
- 5) 総務省統計局「産業連関表 / 統計の作成方法」（各年版）  
<http://www.stat.go.jp/data/io/index.html>
- 6) 独立行政法人国立環境研究所「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」（各年度版）
- 7) 独立行政法人国立環境研究所「産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)」(1997～各年版)  
<http://www-cger.nies.go.jp/publication/D031/jpn/index.html>
- 8) 独立行政法人国立環境研究所「環境技術ライブラリ / 排煙脱硫技術」（2009）  
<http://ecotech.nies.go.jp/library/description/detail.php?id=32>
- 9) 社団法人日本セメント協会「セメントハンドブック」各年度版
- 10) 石灰石鉱業協会「石灰石の話」（2005）
- 11) 日本石灰協会・日本石灰工業組合「石灰ハンドブック」（2009）
- 12) 戒能一成「総合エネルギー統計の解説」（2007）  
<http://www.rieti.go.jp/users/kainou-kazunari/download/index.html>

## 統計資料

- 1) 経済産業省 「鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報」「窯業建材統計年報」「化学工業統計年報」「資源・エネルギー統計年報」各年版
- 2) 経済産業省 「総合エネルギー統計」各年度版
- 3) 財務省 「日本貿易統計」各年版
- 4) 総務省 「産業連関表」平成2年・平成7年・平成12年・平成17年 及び 各接続表
- 5) 社団法人日本セメント協会「セメント系固化材需要推移」（同協会HP）  
[http://www.jcassoc.or.jp/cement/3pdf/jh6\\_0900.pdf](http://www.jcassoc.or.jp/cement/3pdf/jh6_0900.pdf)
- 5) 日本石灰協会・日本石灰工業組合「用途別需要動向調査」各年版