

中国セメント産業のライフサイクルCO₂の比較分析

Study on the comparative analysis of life cycle CO₂ in the cement industry of China

○張 文宇*¹⁾、ディニル プシュパラル²⁾

Wenyu Zhang, Dinil Pushpalal

1), 2) 東北大学

*normanzwy425@hotmail.com

1. はじめに

中国をはじめとする発展途上国の経済発展と都市化の進行に伴い中国のセメント生産量は1990年の2億トンから2009年の16.28億トンに達し、世界のセメント生産量の58%を占めており生産シェアも増大傾向にある。その膨大な生産量は環境に大きな負荷をもたらしていたが、中国では、セメント業のCO₂排出量や原単位の分析をした研究や報告はまれである。そこでCO₂原単位を低下させる有効な対策を検討する前提としてCO₂排出の現状分析は必要不可欠である。本稿では、中国セメント年鑑、WBCSDの「CSI(持続可能な発展のためのセメント産業自主対策)CO₂プロトコル」の分析ツール、IPCCガイドラインなどを用いて中国のセメント業の生産技術、生産設備、原燃料電力消費、生産状況などを調べ、中国のセメントの生産による2000年~2009年の全国CO₂排出原単位と2006~2008年の地域別、省別CO₂排出原単位をLCA手法で推計した。本稿では総じて、中国セメント業のCO₂排出状況の全体像について詳しいデータを用いた定量的な分析、検討を試みるものである。

2. 方法

2.1 目的・評価範囲の設定

中国における単位セメント製品トン当たりのライフサイクルCO₂排出量を評価する。本稿は積み上げ法を用いた。評価システムの境界は図1のように示される。

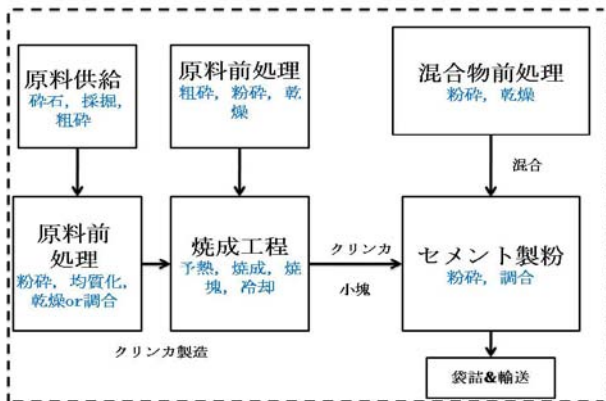


図1 LCA評価システムの境界

2.2 インベントリ分析

活動境界は、直接排出と間接排出に大きく分かれる。直接排出は、企業が所有または管理する排出源からの排出である(表1の第1、2部分)。間接排出は、企業によ

る活動の結果が生じた排出であるが、他の事業者が所有または支配している排出源からの排出である(表1の第3、4部分)。計算に用いた値と条件は表1、2のように設定した。

表1 CO₂排出の算定のためのパラメータとデータソース

| 排出の構成要素 | パラメータ | データソース(単位) |
|-----------------------------|---|----------------------------------|
| 1 原料由来のCO ₂ | | |
| ① クリンカ焼成 | クリンカ製造量 | 0.75t-clinker/t-cement |
| | 調査原料中のCaO+MgO | 65%, 1.5% |
| ② ダスト | クリンカから排出されるダスト量 | クリンカの29% |
| | クリンカ排出係数 | 0.01 tCO ₂ /t clinker |
| | ダストの脱炭率 | 10% |
| ③ 原料中の有機炭素 | クリンカ消費量 | 0.33 kg/t clinker |
| | 調査原料: クリンカの割合 | 1.65 t/t clinker |
| | 原料のTOC含有量 | 調査原料の0.2% |
| 2 燃料燃焼由来のCO ₂ | | |
| ① 従来のケルン燃料 | 燃料使用量(石炭94%、原油6%) 代替燃料は0 | 統計データ各年値による tce/t-cement |
| | 排出係数 | 2.73t CO ₂ /tce |
| ② ケルン以外で使用する燃料(セメント調合燃料の乾燥) | 燃料使用量 | 0.015tce/t-cement |
| 3 電力消費 | 中国各年の電力CO ₂ 原単位 ⁵⁾ | |
| 4 運輸による排出 | 中国の大型トラックの平均レベル(17.81L/100km) と設定(11.2932kgCO ₂ /t・100km) | |
| | 原材料(kg/t-cement) | 燃料(石炭) (kg/t-cement) |
| | 石灰石 粘土 鉄質原料 混合材 石膏 その他 | セメント (kg-cement) |
| | 925 142 12 250 47 12 | 129 1000 |
| | km | 3 50 200 |

*tceとはcoal equivalent(標準石炭)であり、低位発熱量29.27MJに相当する燃料は1kgceである。

表2 計算を用いた燃料の発熱量とCO₂原単位^{2),3)}

| Fuels | NCV kJ/kg or m ³ | OXID (%) | Emission factor(C/TJ) |
|-------------|-----------------------------|----------|-----------------------|
| Raw coal | 20908 | 100 | 25.8 |
| Crude oil | 41816 | 100 | 20.0 |
| Diesel | 42652 | 100 | 20.2 |
| Fuel oil | 41816 | 100 | 21.1 |
| Natural gas | 38931 | 100 | 15.3 |

2.3 結果評価と分析

LCA分析の結果は図2のように示される。中国におけるセメント業は廃熱発電技術の発展や混合材料としての廃棄物利用(40%の生産ラインの廃熱発電技術の普及)、セメント産業発展政策による産業構造の調整(新型技術NSPセメントの生産率は2000年の10%から2009年の72%に増大)につれ、そのライフサイクルCO₂排出原単位も年々下がり、2000年の897 kgCO₂/t-cementから2008年の799 kgCO₂/t-cementと極めて速やかに低下した。しかしながら、日本の原単位²⁶⁾と比較すると、2000年の場合は22%高く、2008年でも12%高いことがわかった。そして、エネルギー起源のCO₂は中国の低強度の

セメントの市場需要によって、セメント混合材添加の割合は日本より高いものの、2008年のCO₂原単位は日本より依然として12%高い。そして、エネルギー起源のCO₂排出が原料を含むCO₂排出原単位全体に占める割合はおよそ40%であり、中日はほぼ同様である。

また、中国セメント各プロセス別起源のCO₂排出状況を見ると、中国のセメント生産過程による主要なCO₂の排出は原料脱炭酸、燃料の燃焼、電力の消費である。三者の排出量は合計排出量の90%以上を占めていることがわかっている。とりわけ中国産業政策調整の下で、堅窯より省エネルギーのNSPセメントの普及によって、エネルギー消費起源CO₂排出量は2006年から原料脱炭酸起源のCO₂排出量より低下していた。

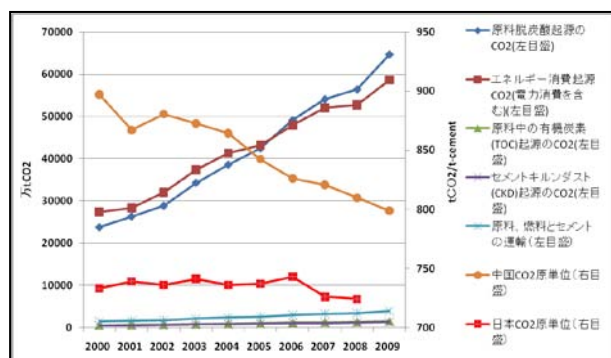


図2 中国セメント業各プロセス別起源のCO₂排出状況と経年CO₂原単位(2000~2009年)

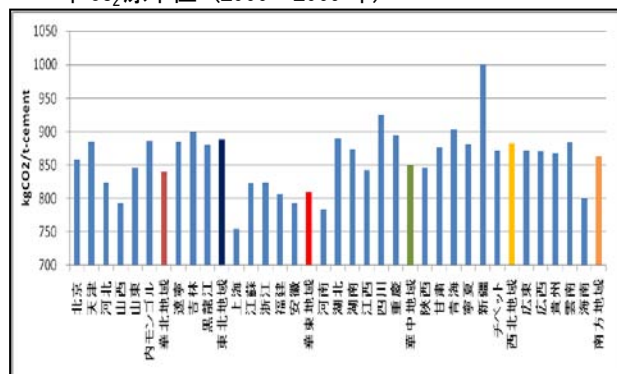


図3 中国セメント業2006~2008年の各行政区平均CO₂原単位の比較

地域別にみると、華北、華東、東北、西北、華中、南方地域のCO₂原単位平均値(2006~2008年)は840、809、888、883、850、863kgCO₂/t-cement(図3)により、技術や産業発展状況などに大きな差が存在していた。特に資金力が不足し、産業構造改革や技術改革実施が遅れている西北地域と東北地域のセメント業のCO₂排出原単位は水準や資金力があり、技術も先進している東部(華東、華北)のセメント業の大体2000年水準に留まっており立ち遅れていることがわかった。一方、全体のCO₂排出割合を見ると、経済が発展し都市化が進んでいる東部地域ではインフラ建設投資や住宅建設の増大によりセメント需要量が大きいため、CO₂排出原単位が小さいものの、総

CO₂排出量は全国の半分近くになっている(図4)。しかしながら、今後、西部大開発と都市化の進行により、西部地域のセメント需要量は東部に徐々に近づき、さらに2015年ころに東部セメント生産量の7割に達す可能性がある⁴⁾と見込まれる。今後、西部大開発と都市化の進行により、西部地域のセメント需要量は東部に徐々に近づくと考えられる。したがって、セメント業から発生するCO₂を最大限に抑制するために、資金力、技術力の地域格差を是正するべく、CDM事業のような手法での国際資金導入、技術移転やセメント産業政策の調整による東部セメント企業から中・西部セメント企業への国内資金・技術移転が必要不可欠である。

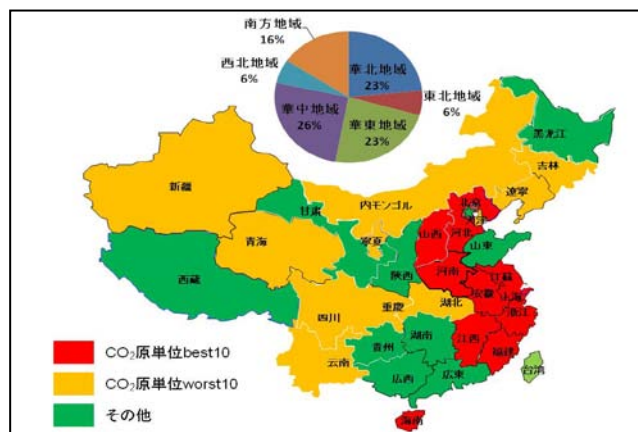


図4 中国セメント業の地域別のCO₂原単位ベスト10とワースト10と地域別CO₂排出割合(2006年~2008年)

3. まとめ

中国は2006年に打ち出したセメント産業発展政策では、CO₂の削減目標などは明確に示されていない、特にCO₂排出量などの統計分析データの不足な面から、今後の科学研究やセメント業CO₂削減政策の制定のバリアになる可能性が高いだろうそのバリアを解決するには、地方政府もデータの整備や政策の制定に協力しなければならない。今後、資金・経済力の不足な中国の中小セメント会社には、大規模会社は資金と生産技術を利用して、CO₂削減に貢献するのは重要である。最後に、CO₂排出状況を明らかにしながら、削減効果を向上させるために、中国の国レベル、地域レベル及び工場レベルにおける相応しいベンチマークの開発が望まれる。

4. 参考文献

- 1) 中国セメント協会：中国セメント年鑑2007,2008,2009(2008,2009,2010),(中国語)
- 2) China Energy Statistical Yearbook 2007,(2008)
- 3) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2 (energy), (2006)
- 4) 第10回中国セメント技術年次大会・中国セメント技術交流大会資料,(2008)(中国語)
- 5) 中国CDMホームページデータベース：
<http://cdm.ccchina.gov.cn/>