

改質硫黄固化体によるセメントコンクリート 代替に伴う二酸化炭素排出削減効果

井上 陽佳¹・天野 耕二²・田中 眞人³

¹非会員 新日本石油(株) 研究開発本部 開発部レコサール事業化グループ

(〒105-8412 東京都港区西新橋一丁目3-12)

E-mail: haruka.inoue@eneos.co.jp

²正会員 立命館大学 理工学部 環境システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

E-mail: amano@se.ritsumeai.ac.jp

³非会員 (株)新日石総研 環境・製品技術調査部 (〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目3-12)

E-mail: masato.tanaka@sohken.eneos.co.jp

コンクリートは、強度、耐久性において優れた特性を持ち、経済面でも有利であるため、構造物の重要な建設材料として大量に使用されている。しかし、コンクリートの製造には、多くの資源やエネルギーを消費し、特にその主要結合材であるセメントは製造時に地球温暖化の主要因である二酸化炭素を多く排出する事が知られている。

本稿では、コンクリートの代替として結合材に硫黄を用いた改質硫黄固化体について、原材料の採取から輸送、製造工程を経て製品にいたるまでに排出する二酸化炭素量について LCI 分析を行った。その結果、一般的なセメントコンクリートブロックと比較して改質硫黄固化体ブロックは製造段階までの二酸化炭素排出量を約 50% 低減できる可能性があるという結果が得られた。

Key Words : carbon dioxide, sulfur, lifecycle inventory analysis, modified-sulfur concrete, cement concrete

1. はじめに

2005 年 2 月に京都議定書が発効され、わが国も温室効果ガスの総排出量を 2008 年から 2012 年の第 1 拘束期間に基準年の 1990 年に対し、6%削減する公約を達成する必要に迫られている。しかし、わが国の温室効果ガス発生量は 2005 年度には基準年に対して 12.4%の増加となっており、今後、目標を達成するためには多くの努力が必要と考えられる。温室効果ガスのうち、メタン、一酸化二窒素、代替フロン等については削減が進んでいるものの、温室効果ガスの 9 割を占めるエネルギー起源の二酸化炭素排出量が大幅に増えつつあることから、今後二酸化炭素排出量に対して強力な対策を進めることが必要と考えられている。

そこで著者らは社会基盤を構成する構造物に着目した。現在、それら構造物を構築する上で最も重要な資材の一つにセメントコンクリートがある。セメントコンクリートの主要材料であるセメントはロータリーキルンによる高温焼成と原料である石灰石の分解により、製造時に二酸化炭素を多く排出する事が知られている。従って、二酸化炭素発生低減策として現在ではセメントの含有量

を低減したコンクリートや、混合セメントの導入が積極的に検討されている。

また、セメントを全く使用しない新素材として、結合材に硫黄を用いた改質硫黄固化体がある。改質硫黄固化体は原料起源の二酸化炭素発生が無いことから二酸化炭素発生量はセメントよりも少ない事が予想される。硫黄は日本国内において製油所の脱硫設備から年間約 200 万トン副生されており、その内約 70 万トンは国内にて消費されるが、残り約 130 万トンは主に中国に輸出され、肥料原料として消費されている。しかし近年、硫黄内需は減少傾向にある一方で、中国でも SO_x等の公害問題が深刻化し、脱硫装置の増設が推進されているため、硫黄は生産過剰になることが懸念される。これより、余剰硫黄の安定的な国内消費を可能とするリサイクルシステムの構築が望まれている。

これまで改質硫黄固化体については、ライフサイクルを通じた二酸化炭素発生量に関する定量的なデータ、すなわち二酸化炭素に関する改質硫黄固化体のライフサイクルインベントリ (LCI) は報告されていない。本稿は、改質硫黄固化体に関する二酸化炭素の LCI 分析を行い、環境に対する影響について検討・考察する事を目的とし

ている。

2. 改質硫黄固化体の材料特性

改質硫黄固化体とは、結合材として改質硫黄を利用した材料で、熔融状態の硫黄が冷えて固まる現象を利用して製造される。図-1 に製造方法を示す。まず、難燃性、耐細菌性を向上させるため、熔融状態にある硫黄にオレフィン系化合物を添加剤として加え、硫黄を改質させる。次に、あらかじめ加熱・乾燥させた石炭灰および骨材を投入し、練り混ぜた後、通常のコンクリートと同様に締め固めを行いながら打設する。打設後は、温度低下に伴う硫黄の自然固化により硬化し、数時間で強度が発現する。製品はコンクリート状の固形物であり、強度に優れ、耐摩耗性、遮水性、耐酸性などの特徴を持つ。

3. 硫黄のマテリアルフロー

改質硫黄固化体の主要原料である硫黄について着目し、マテリアルフロー分析を行った。図-2 は国内で生産される硫黄の収支バランスを体系的、定量的に把握するための模式図である。現在、日本で生産される硫黄は、ほぼ全量原油処理に伴う製油所からの副産品である。実際には、硫黄は元々原油中に含まれており、製油所において原油の精製工程、特に脱硫工程で発生する硫化水素から硫黄回収装置によって回収され、生産される。我が国の硫黄生産量（図-3）は1990年代は増加の一途をたど

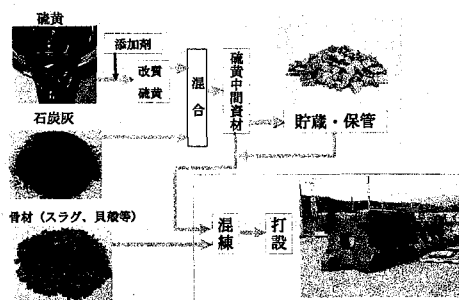


図-1 改質硫黄固化体の製造方法¹⁾

表-1 改質硫黄固化体の性状

	理論密度 [g/cm ³]	圧縮強度 [N/mm ²]	割裂引張 強度[N/mm ²]	曲げ強度 [N/mm ²]
改質硫黄 固化体	2.33	65.8	4.58	9.91
コンクリ ート	2.34	48.5	2.26	6.27
測定方法		JIS A1105	JIS A1113	JIS A1106

っていたが、その後、石油消費量が伸び悩むのに合わせ、2000年の209万トンピークに減少に転じ、2006年には190万トンとなっている。合わせて環境規制に伴い、燃料油のサルファー・フリー（ゼロ硫黄）化に対応するために、ガソリンおよび軽油中の硫黄分は2005年1月からいずれも10ppm以下に低減されているが、この措置に伴う硫黄増産量は年間2000トン程度といわれており、総生産量に及ぼす影響はわずかとなっている。

次に内需を見ると、図-2に示すように国内における硫黄の主な需要先は、硫酸（肥料）、繊維であるが、生産構造の変化等に伴い1997年時には100万トン強あった需要が、現在は70万トン強と年々減少傾向にある。また、外需は内需の減少に伴い、増加傾向となっている。経済成長の著しい中国及びインドなどのアジア諸国においては肥料としての需要が底堅く、硫黄の有望な輸出先となっている。しかし、世界的な硫黄需給バランスは、近年環境意識の高まりに伴って、軽油・ガソリンなどの石油製品の低硫黄化への規制が強化されつつあるため、製油所から回収されてくる硫黄の増加が予測される。よって、日本の余剰硫黄が、安定的にアジア諸国向けに輸出されるかどうかは、世界的な余剰硫黄量及び硫黄の国際価格動向によって大きく左右されるという不安定なバランスの上に成り立っている（図-4）⁴⁾。

このため、余剰硫黄の安定的な国内消費を可能とするリサイクルシステムの構築が望まれている。

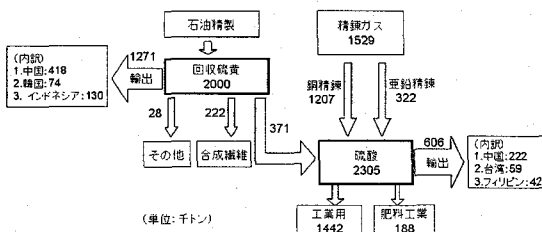


図-2 我が国における硫黄のマテリアルフロー³⁾

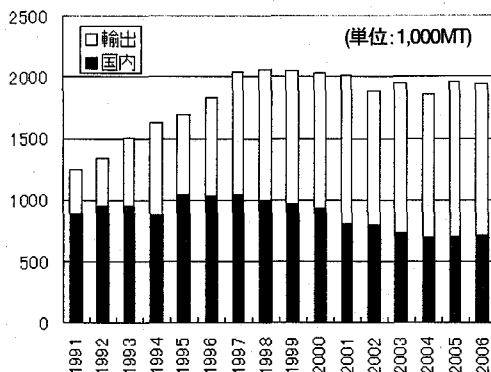


図-3 国内の硫黄需要動向

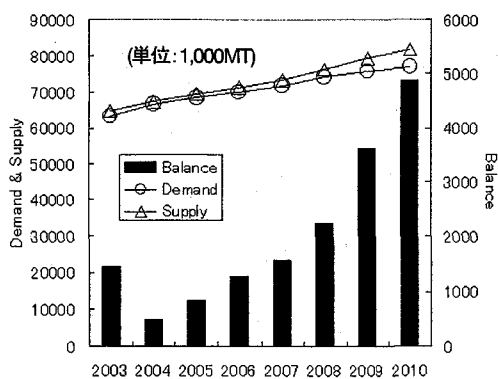


図-4 海外の硫黄需給バランス*

4. セメントコンクリートと改質硫黄固化体のLCI

本稿では、結合材であるセメントと硫黄ならびにセメントコンクリートと改質硫黄固化体についてそれぞれ、ライフサイクルでの二酸化炭素発生量を計算した。

(1) 分析方法

分析方法は、原材料の採取から、製品を製造するまでの間の、各段階における入力及び出力を捉えた、LCI 分析手法を用いて定量化を行った。計算については(独)産業技術総合研究所 LCA 研究センターと(社)産業環境管理協会が開発した LCA 支援ソフト [JEMAI-LCA Pro(Ver. 2.1.1)]を用いて算出した。

(2) 分析範囲

本稿では改質硫黄固化体ならびにセメントコンクリートについて、原料である硫黄、石炭灰、石灰石、砂利、砂、水の採取から使用されるまでの各プロセスにおいて発生する二酸化炭素に着目し、排出量を算出した。ただし、改質硫黄固化体及びセメントコンクリートは共に、製造から廃棄までの時間が非常に長く、半永久的であることから、本 LCI 分析では廃棄段階を含めていない。また、製造された製品の使用場所も特定できないため、使用場所までの製品輸送及び使用(設置)段階についても考慮しない。

(3) LCI 算定のためのデータと配分方法

a) 対象製品

セメントコンクリート、改質硫黄固化体にはそれぞれ様々な用途がある。本調査においては、セメントコンクリートは、JLCA-LCA データベース(2007 年度 2 版)で公開されている JIS の建築用ブロックとした。改質硫黄固化体は、これと同等のブロックを想定し、比較を行った。

b) 配合割合

表-2 改質硫黄固化体とコンクリートの配合割合

	配合割合 [wt%]			
	改質硫黄	石炭灰	砕石	砂
改質硫黄固化体	16.8	8.4	46.6	28.2
セメントコンクリート	セメント	水	砕石	砂
	11.4	6.5	41.2	40.9

表-3 データセット

データセット		石炭灰・鉄鋼スラグ		
		F-1	F-2	F-3
硫黄	S-1	DS-1	DS-2	DS-3
	S-2	DS-4	DS-5	DS-6
	S-3	DS-7	DS-8	DS-9

表-2 に配合割合を示した。改質硫黄固化体は高い結合力を有するため、スラグなどの産業廃棄物を骨材として使用できるが、密度をコンクリートと同等にするため、砂・砂利を用いた場合を想定した。セメントコンクリートは JLCA-LCA データベースの建築用ブロックの配合を示した。

c) 検討ケース

今回算出対象とした改質硫黄固化体とセメントコンクリートには原料として副産物である硫黄、石炭灰、鉄鋼スラグ等が使用されているが、LCI 分析においては、製造過程で発生した二酸化炭素はすべて製品に配分し、副産物には配分しない(すなわちゼロ評価)とする考えがある。また、二酸化炭素を副産物に配分するにしても主製品と副産物に配分する方法には様々な考え方がある。

よって、本稿ではこのような副産物に対する二酸化炭素配分方法について以下の3つケースを検討した。

〈原油、石油製品、硫黄〉

S-1: ゼロ評価ケース=硫黄の二酸化炭素発生量はゼロと考える方法

S-2: 均一配分ケース=原油の採取、運送、石油精製工程で発生した二酸化炭素を全ての石油製品に均一に質量配分する方法

S-3: 精製度配分ケース=硫黄に関連した精製装置の負荷(精製度)により二酸化炭素を配分する方法

〈石炭灰/鉄鋼スラグ〉

F-1: ゼロ評価ケース=二酸化炭素発生量はゼロと考える方法

F-2: 石炭燃焼不評価ケース=JEMAI-LCA 内蔵データより引用し、原料の採取と輸送で発生した二酸化炭素のみを重量配分する方法

F-3: スラグ石炭燃焼評価ケース=JLCA-LCA 内蔵より引用し、スラグは上のケースに加えて製鉄所における石炭燃焼(酸化)由来の二酸化炭素量も銑鉄とスラグに質量配分し、石炭灰は発電所の設備・運用

で発生した二酸化炭素も可燃分と灰分に質量配分する方法

これらのケースを組み合わせる表-3 に示す 9 種類のデータセット作成し、二酸化炭素発生量についてそれぞれ試算を行った。

(4) LCI分析結果と解釈

a) 硫黄とセメントに関する評価と解釈

まず、結合材である硫黄とセメントの製造時における二酸化炭素発生量について検討を行う。ケース別の分析結果を表-4に示す。

(S-1)のゼロ評価ケースではもちろん二酸化炭素発生量はゼロとなる。また、硫黄も石油製品として考え、全二酸化炭素排出量を全石油製品生産量に応じて均一配分したケース(S-2)と精製度配分したケース(S-3)とを比較すると、均一配分したケースの方が、若干二酸化炭素排出量が大きくなっている。実際には石油製品によって製造時に発生する二酸化炭素量は異なるため、それと同じとする(S-2)よりは、精製度によって配分量を変える精製度配分ケース(S-3)の方がより適切であると考えられる。

次にセメントの算出結果について考察する。ここではセメントとしてポルトランドセメントを想定した。原料に含まれる石炭灰、鉄鋼スラグに対する評価方法を石炭燃焼不評価ケース(F-2)もしくはスラグ石炭燃焼評価ケース(F-3)にするかにより、値が異なる。評価ケースは石炭灰、鉄鋼スラグを製造する際に発生する二酸化炭素量も考慮するため、二酸化炭素発生量は増加する。しかし、石炭灰は石炭火力発電所において電力を製造するために石炭を燃やして発生した副産物であり、鉄鋼スラグも鉄鋼を製造するために副産されたものであるため、製造に係る二酸化炭素排出量はゼロとした石炭燃焼不評価ケース(F-2)が適切であると考えられる。

最後に、硫黄とセメント製造に伴い発生する二酸化炭素量の比較であるが、上記の検討の結果、適切な比較値として硫黄は319.0[g/kg]に対し、ポルトランドセメントは859.6[g/kg]となる。セメントが硫黄と比較し、2倍程度大きくなる要因としてはセメントの原料である石灰石の脱炭酸が大きく影響していると考えられる。

b) 改質硫黄固化体とコンクリートに関する評価と解釈

表-5に改質硫黄固化体及びセメントコンクリートでブロックを製造するまでに発生する二酸化炭素量をステージ別に示した。

まず、データセット別に二酸化炭素発生量を比較する。原料中の副産物の評価方法を複数ケース考慮したため、それぞれの数値に違いが見られるが、改質硫黄固化体の場合は90~180[g/kg]、セメントコンクリートの場合は、350~380[g/kg]となった。特に改質硫黄固化体で数値の

表-4 硫黄とセメントの二酸化炭素排出量

分析製品	ケース	CO ₂ 排出計 [g-CO ₂ /kg-製品]
硫黄	S-1	0.0
	S-2	319.0
	S-3	275.0
ポルトランドセメント	F-1	802.6
	F-2	859.6
	F-3	930.7

表-5 ステージ別の二酸化炭素排出量

分析製品	データセット	CO ₂ 排出計 [g-CO ₂ /kg-製品]	ステージ別内訳 [g-CO ₂ /kg-製品]			
			硫黄製造	砂・碎石製造	石炭灰製造	固化体製造
改質硫黄固化体	DS-1	91.4	0.0	3.7	0.0	87.7
	DS-2	105.0	0.0	3.7	13.6	87.7
	DS-3	127.0	0.0	3.7	35.6	87.7
	DS-4	145.0	53.6	3.7	0.0	87.7
	DS-5	158.6	53.6	3.7	13.6	87.7
	DS-6	180.6	53.6	3.7	35.6	87.7
	DS-7	138.5	46.2	3.8	0.0	88.5
	DS-8	152.1	46.2	3.8	13.6	88.5
	DS-9	174.2	46.2	3.8	35.7	88.5
セメントコンクリート	データセット	CO ₂ 排出計 [g-CO ₂ /kg-製品]	セメント製造	砂・碎石製造	上水製造	コンクリート製造
	DS-1	352.8	91.5	4.1	0.0	257.2
	DS-2	359.3	98.0	4.1	0.0	257.2
	DS-3	367.4	106.1	4.1	0.0	257.2
	DS-4	352.8	91.5	4.1	0.0	257.2
	DS-5	359.3	98.0	4.1	0.0	257.2
	DS-6	367.4	106.1	4.1	0.0	257.2
	DS-7	361.6	91.7	4.2	0.0	265.7
	DS-8	368.1	98.2	4.2	0.0	265.7
	DS-9	376.2	106.3	4.2	0.0	265.7

差が大きいの。これは、硫黄の評価方法の選択によって、大きく結果が異なる事を示している。実際には硫黄は製油所においては原油種によっても含有量が異なる上に、ガソリン、軽油等の最終石油製品によっても硫黄の除去率が異なるため、前述a)で検討したように、精製度によって配分する精製度配分ケース(S-3)が現実的に即した評価方法と言える。一方、セメントコンクリートの場合は、どのデータセットを選択しても大きな違いはないが、現実的には石炭灰、鉄鋼スラグ共に副産物の有効利用の要素で使用しているため、製造に伴う二酸化炭素発生量をゼロとした石炭燃焼不評価ケース(F-2)が適当であると考えられる。従って、製品で両者を比較する場合、(S-

3)と(F-2)を組み合わせた(DS-8)が適当であるとする。

(DS-8)では、製品1kgを製造する際に発生する二酸化炭素量は改質硫黄固化体の場合は152.1[g/kg]、セメントコンクリートの場合は368.1[g/kg]となり、二酸化炭素発生量はセメントコンクリートブロックの方が、改質硫黄固化体に比べ2倍程度大きくなる。この要因を詳細に考えるため、ステージ別に比較を行うと、硫黄とセメントの製造に係る二酸化炭素の差とブロック製造時に係る二酸化炭素の差が大きく影響している事が分かる。硫黄とセメントの差は、a)で前述したように原料自体からの二酸化炭素発生の有無が起因すると考えられる。しかし、硫黄とセメントは結合材として全体の11%~17%程度使用される原料であるため、改質硫黄固化体とセメントコンクリートの製品として比較すると両者の差は硫黄、セメントを最終製品とした場合に比べて縮小する。次に、ブロック製造時に係る二酸化炭素発生量について比較する。セメントブロック製造時に伴う二酸化炭素量は改質硫黄固化体に比べ2倍程度大きくなっている。それぞれの製造工程は材料を混練して型枠へ打設するという、ほぼ同じ工程を経るが、以下の点で違いが生じる。改質硫黄固化体の場合、材料を混練する前に骨材を一時的乾燥させるため、そのためのエネルギーが必要となる。さらに、混練の際にも140℃の一定の温度に保つ必要があるため、通常のセメントコンクリートを混練するよりも、エネルギーが必要になると考えられる。一方、セメントコンクリートの場合は、型枠に生コンクリートを打設した後、固化させるために養生を行うため、そのためのエネルギーが必要となる。以上を総合した結果、トータルの二酸化炭素量が改質硫黄固化体に比べ、セメントコンクリートは大きくなったと考えられる。

5. 改質硫黄固化体によるCO₂削減ポテンシャル

(1) 国内

改質硫黄固化体のライフサイクルでの二酸化炭素発生量がセメントコンクリートの約1/2となる事が分かった。そこで、実際に使用されているセメントコンクリートの代わりに改質硫黄固化体を使用する事で、どの程度環境に対する負荷を減らす事が出来るかを検討する。

現在、日本国内における産業分野別セメント使用量およびその合計量を表-6に示す。トータルでは5800万トン/年(2005年)である。改質硫黄固化体はセメントコンクリートと同等以上の強度特性を示すため(表-1)、基本的にはセメントコンクリートと同じ用途先が考えられるが、硫黄を原料に使用しているため、120℃で溶融し、さらに過熱することで燃焼するという、熱に弱い特徴も

併せ持つ。よって、適用可能な用途先としてはかなり限られ、地中、もしくは水中となり、需要先は、表-6中のセメント製品(一部を除く)、および港湾・土木となりセメント換算で総計1166万トン/年、コンクリートに換算して約7500万トン/年となる。しかし、現状の製造、施工技術を考慮すると、セメント製品中でもさらに用途は限定され、表-7に示すセメント製品のうち、護岸用コンクリートブロックの253万トン/年および道路用コンクリート製品599万トン/年を合わせた計852万トン/年を改質硫黄固化体の需要量として見込むことが出来る。

今回のLCI分析結果を踏まえると、材料として改質硫黄固化体を用いた場合の二酸化炭素発生量は152.1[g/kg]であるのに対して、セメントコンクリートの場合は368.1[g/kg]となるため、硫黄固化体を使用する事でブロック製品1kgを製造する際に発生する二酸化炭素量を216.0[g/kg]削減する事が可能となる。よって、コンクリートブロック852万トン/年の需要量で概算すると改質硫黄固化体でコンクリートブロックを置き換えた場合、国内トータルでは年間184万トンの二酸化炭素の削減が可能となる。

ただし、今回の試算では建築用コンクリートブロックのみを対象として概算したが、実際にはコンクリート製品は、製品によって原料・製造工程等に違いがある。

従って、代替によって削減される二酸化炭素量を算出するにはさらなる議論が必要となる。

表-6 需要部門別セメント販売高(2005年)^{a)}

需要部門	販売高[トン]
鉄道	44,979
電力	40,410
セメント製品	7,585,762
生コンクリート	42,806,845
港湾	156,745
道路・橋梁	268,335
土木	3,913,731
建築	780,036
自家用	30,967
その他	2,499,790
合計	58,127,600

表-7 セメント製品統計(2005年)^{a)}

品目	単位	出荷高
遠心力鉄筋コンクリート製品	トン	4,863,049
空洞コンクリートブロック	1000個	117,061
護岸用コンクリートブロック	トン	2,529,715
道路用コンクリート製品	トン	5,990,656
プレストレストコンクリート製品	トン	1,139,810
木材セメント材	1000枚	10,385
気泡コンクリート製品	m ³	2,400,135

(2) アジアマーケット

環境問題は今や地球規模の広がりを見せはじめ、国や地域を越えたグローバルな取り組みが必要になっている。また、近年中国を筆頭としたアジアの経済成長は著しいが、その反面環境汚染が懸念されており、日本の高度な環境技術の導入が期待されている。2004年における中国の二酸化炭素発生量は4,807百万トン、韓国の二酸化炭素発生量は469.3百万トンであり、国別排出量ではそれぞれ世界2位および9位となっている⁹⁾。

特に、中国においては脱硫装置の建設が進まず、火力発電所から排出される二酸化硫黄により、大気汚染が悪化している。今後も石炭の需要は増加する傾向と見られ、脱硫装置の導入が急がれている。よって、環境面、さらに中国国内における将来的な余剰硫黄対策として、改質硫黄固化体のコンクリートとして利用が有効策の一つとして考えられる。需要量も港湾用途だけでも10,418百万トン⁹⁾あり、改質硫黄固化体への代替による二酸化炭素削減はかなり大きなインパクトを持つ。

6. 結論と今後の展望

本稿では、セメントと硫黄さらにセメントコンクリートブロックそして改質硫黄固化体に対して原材料の採取から輸送、製造工程を経て製品にいたるまでに排出する二酸化炭素量について LCI 分析を行った。その結果、結合材である硫黄を 1kg 製造するまでに発生する二酸化炭素量は 319.0 [g/kg] に対し、ポルトランドセメントは 859.6 [g/kg] となった。これは製造に伴うエネルギー以外にセメント原料である石灰石自体が焼成に伴い二酸化炭素量を発生する事が要因であると考えられる。次に改質硫黄固化体さらにセメントコンクリートでは、建築用ブロックを想定した場合、改質硫黄固化体制のブロックは製品 1kg 製造する際までに 152.1 [g/kg] の二酸化炭素を発生するのに対して、セメントコンクリートの場合は 368.1 [g/kg] となった。これは、原料のセメントと硫黄

を製造する際に係る二酸化炭素とブロック製造時に係る二酸化炭素が要因であることが分かった。

上記の結果をふまえ、改質硫黄固化体の適用可能な用途でコンクリートブロックを置き換えた場合、国内さらにアジアマーケットにおいて相当量の二酸化炭素量を削減できる可能性があることが分かった。

今後は、改質硫黄固化体の廃棄処理方法を含めて LCI 分析を行う必要がある。

さらには、改質硫黄固化体はセメントコンクリートがアルカリ性であるのに対して中性であるため、下水道などの酸性領域においては優れた耐久性を示すことが実証されている。よって、ライフサイクル的に考えると、補修などに伴うエネルギーを削減できるため、付加的な環境性能が期待できる。今後は下水道用途における耐用年数、施工方法もふまえた検討が求められる。

本研究のうち二酸化炭素発生量の分析に関しては(財)石油産業活性化センター石油精製高度化技術開発費補助金による事業で実施したものである。

参考文献

- 1) 武井義久・堀井秀之：改質硫黄固化体「レコサル」の開発、ENEOS Technical Review, Vol.47, No.2, pp.5~8, 2005. 5
- 2) 渋谷 祐：「硫黄処分問題の深刻化が東シベリア原油への追い風にー世界的な環境規制強化で回収硫黄が産業廃棄物化懸念ー」石油天然ガス・金属鉱物資源機構資料, 2004. 1
- 3) 硫酸協会：「硫酸と工業」Vol.60, No.1, pp.4~8, 2007. 1
- 4) International Fertilizer Industry Association
- 5) 株式会社エコニクス：「平成 18 年度 レコサル需要基礎調査報告書」, 平成 18 年 12 月
- 6) (財)日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット：「EDMC/エネルギー・経済統計要覧(2007 年版)」, 2007
- 7) 中嶋誠一：「中国経済統計 改革・開放以降」ジェトロ, pp.130-131. 2005. 8

The effect of carbon dioxide reduction by replacing portland cement concrete with modified-sulfur concrete

Haruka INOUE, Koji AMANO, Masato TANAKA

A huge amount of portland cement concrete is generally used construction materials, for its great properties, especially in strength, durability and cost performance. However, it is well known that a large amount of carbon dioxide is produced. In this study, we took modified-sulfur concrete into consideration as a substitute for cement concrete and calculated the volume of carbon dioxide emissions of modified-sulfur concrete by lifecycle inventory analysis. As the results, it was found that there would be a possibility that nearly 50% of carbon dioxide emissions should be reduced by replacing general cement concrete block with modified-sulfur concrete even in limited applications such as construction blocks.