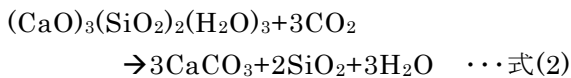
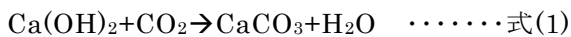


# コンクリート用再生骨材等の再資源化の過程における 二酸化炭素固定量

長濱庸介・神田太朗・角湯克典

## 1. はじめに

コンクリートは、炭酸化と呼ばれる以下の反応により構造物の供用期間をとおして大気中の二酸化炭素を固定する<sup>1)</sup>。



構造物の解体により発生したコンクリート塊を再資源化のために破砕すると、「コンクリートの比表面積の増大」、「炭酸化が進行していない新しい破断面の出現」、「比表面積が大きい細粒分へのセメント水和物の偏在」により、二酸化炭素の固定速度が高くなると考えられる<sup>2)</sup>。

コンクリート塊の再資源化の過程における二酸化炭素固定量を明らかにすることは、建設廃棄物のリサイクルを通じた低炭素社会の推進に資することが期待される。しかし、これまでのところ二酸化炭素の回収量に関する知見は乏しく、温室効果ガス国家インベントリや京都議定書目標達成計画のような統計や目標にも反映されていない状況である。

本研究では、二酸化炭素固定の概略影響のうち、まずはコンクリート塊の再資源化の過程における二酸化炭素固定量を捉えることが重要であると考え、コンクリートの主な再生利用方法である路盤材(RC40)、及び新たな再生利用方法としてJIS化されたコンクリート用再生骨材(H、M、Lの細骨材、粗骨材及び微粉)を模擬した試料を作成し、それらの二酸化炭素固定量を測定した。

## 2. 二酸化炭素固定量の測定

### 2.1 試料

二酸化炭素固定量の測定に使用する、路盤材やコンクリート再生骨材を模擬した試料を作成する

表-1 促進中性化の条件

CO <sub>2</sub> 濃度 (%)	温度 (°C)	相対湿度 (%)	中性化期間(週)	供試体寸法(cm)	数量(本)
20	20	60	1	φ15×30	2
			8	φ15×30	36
			26	φ15×30	2

※供試体表面が湿っている為、真空乾燥機を用いて表面のみを乾かした。その後、アルミ箔テープで円柱供試体の側面を被覆し、上下面は露出の状態とした。  
 ※円柱供試体の上下面に霧吹きで15回ずつ水を噴霧した後、養生槽内で促進中生化を開始した。  
 ※この条件のほかはJIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」による

ため、初めにその材料としてコンクリート供試体(寸法φ15×30cm)を40本作成した。次に、コンクリート塊発生時までの二酸化炭素固定状態を再現するため、表-1及び写真-1に示した方法により促進中性化を行った。最後に促進中性化を済ませたコンクリート供試体について、表-2及び写真-2に示した方法により再資源化の模擬を行い、二酸化炭素固定量を測定するための試料を作成した。

なお、保管期間は中間処理工場における破砕から出荷までの仮置き期間に関する既往知見<sup>3)</sup>を参考に設定した。

### 2.2 測定

コンクリート塊の再資源化の過程における二酸化炭素固定量を把握するため、本調査で測定する二酸化炭素固定量は、再生骨材等の保管期間内に固定された量とし、保管期間の前後に測定した値の差分によって算出した。

具体的には、コンクリートの中性化を測定する方法の一つである示差熱重量分析<sup>4)</sup>を用いて、加熱時の脱炭酸量として直接測定した。この分析では、炭酸カルシウムの定量温度範囲は600～1000°C、水酸化カルシウムの定量温度範囲は450～500°Cとした。

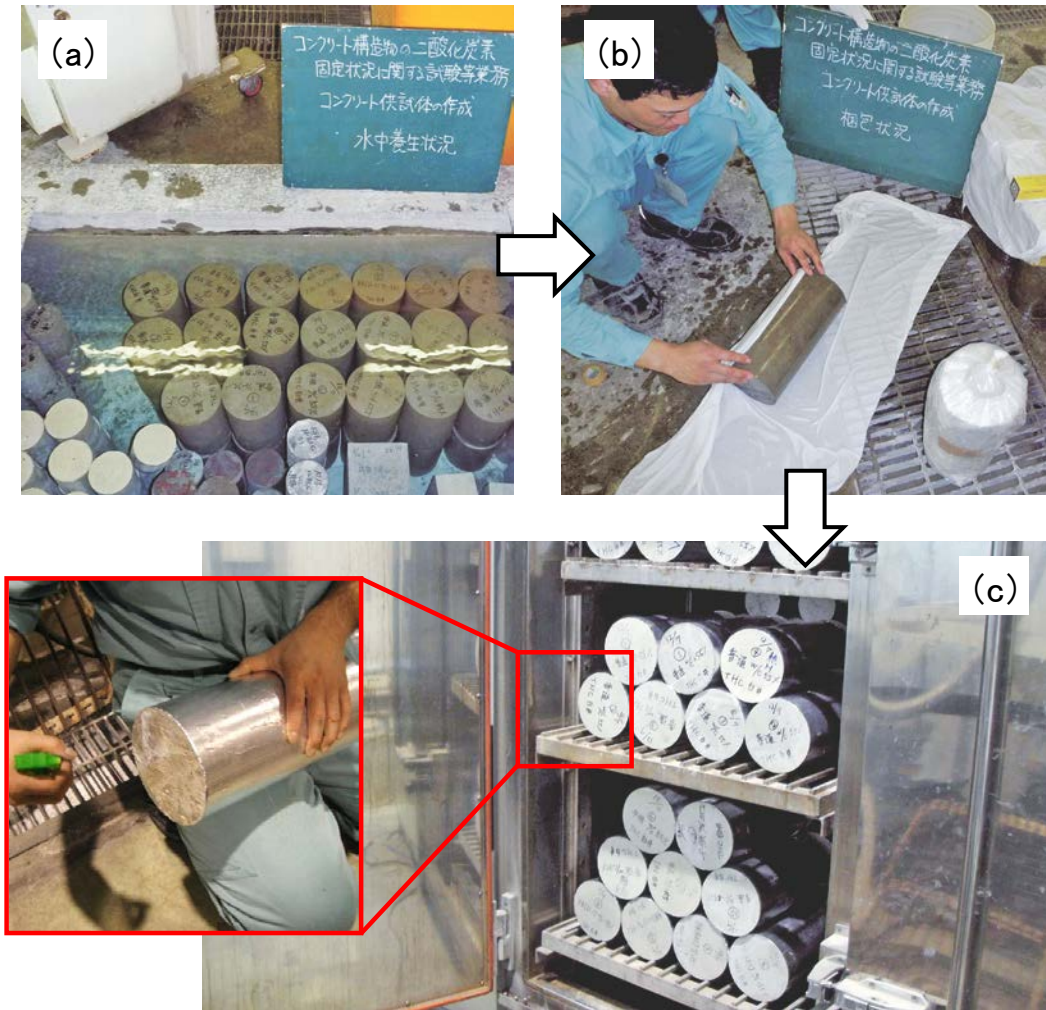


写真-1 コンクリート供試体の作成と促進中性化の様子

- (a) 作成したコンクリート供試体（水中養生）
- (b) 大気と断絶するため、濡れタオルを巻いて保管
- (c) アルミ箱テープで供試体の側面を被覆して促進中性化  
 （供試体の上下面は露出させ、構造物供用中の状態を再現した）

表-2 再資源化の条件

再生製品の区分	再生製品の細目	参照する基準類	保管条件・期間	供試体数量(本)
RC40 (<40mmの試料)		舗装再生便覧	乾湿繰返し・28日	4
			乾湿繰返し・91日	20
			自然乾燥・91日	6
再生骨材H (機械的処理)	再生粗骨材H (5-20mm)	JISA5021	乾湿繰返し・28日	3
	再生細骨材H (0.15-5mm)	「コンクリート用再生骨材H」		
	再生微粉 (<0.15mm)	—		
再生骨材H (熱的処理)	再生粗骨材H (5-20mm)	JISA5021	乾湿繰返し・28日	3
	再生細骨材H (0.15-5mm)	「コンクリート用再生骨材H」		
	再生微粉 (<0.15mm)	—		
再生骨材M	再生粗骨材M (5-20mm)	JISA5022付属書A(規定)	乾湿繰返し・28日	2
	再生細骨材M (0.15-5mm)	「コンクリート用再生骨材M」		
再生骨材L	再生粗骨材L (5-20mm)	JISA5023付属書1(規定)	乾湿繰返し・28日	2
	再生細骨材L (0.15-5mm)	「コンクリート用再生骨材L」		



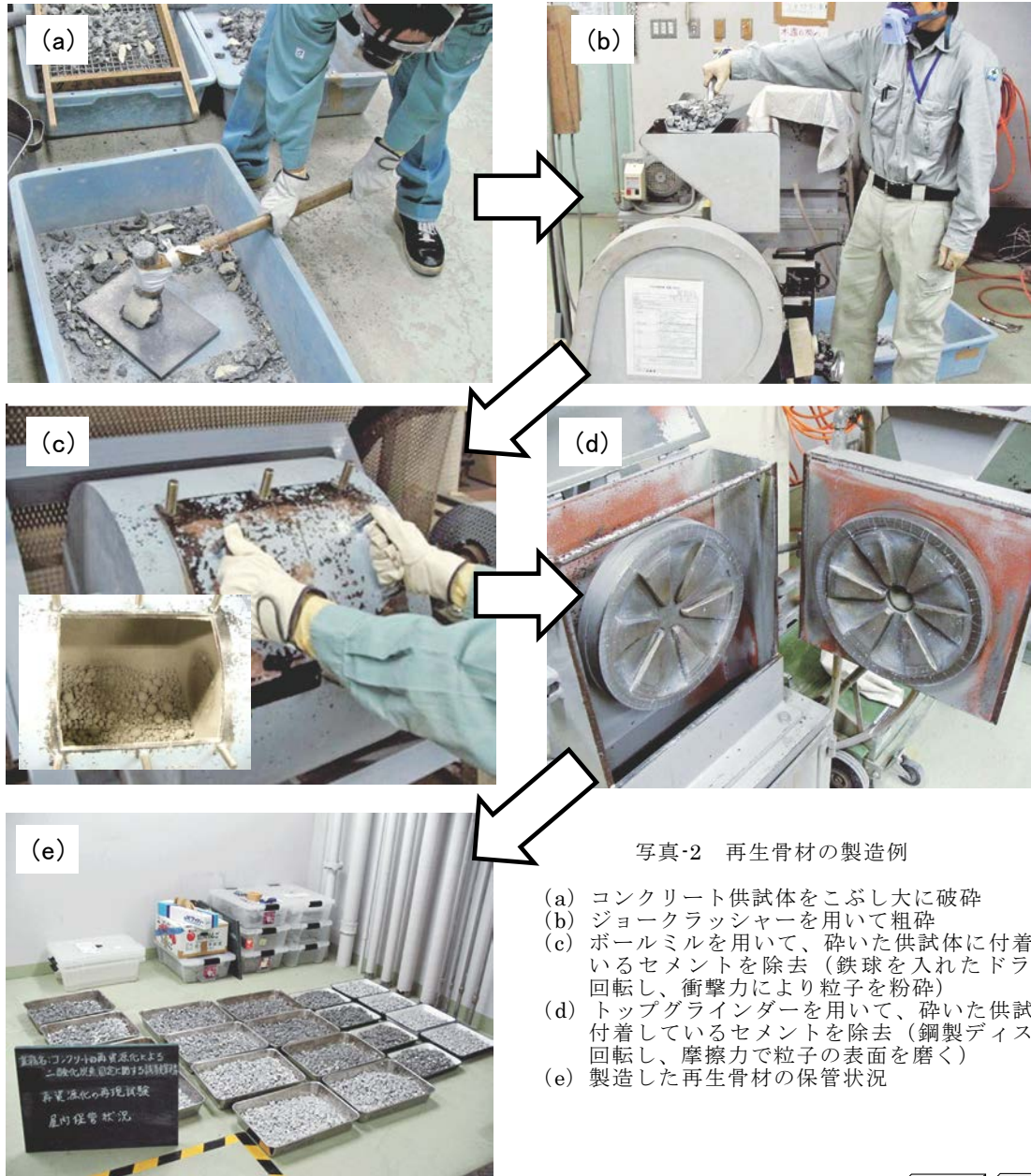


写真-2 再生骨材の製造例

- (a) コンクリート供試体をこぶし大に破碎
- (b) ジョークラッシャーを用いて粗砕
- (c) ボールミルを用いて、砕いた供試体に付着しているセメントを除去（鉄球を入れたドラムを回転し、衝撃力により粒子を粉碎）
- (d) トップグラインダーを用いて、砕いた供試体に付着しているセメントを除去（鋼製ディスクを回転し、摩擦力で粒子の表面を磨く）
- (e) 製造した再生骨材の保管状況

### 3. 二酸化炭素固定量の測定結果

製品別の二酸化炭素固定量測定結果及びコンクリート塊1tからの各粒径の生成割合を表-3に示す。なお、一部の数値については解釈の余地が残っており、確定したものではない。

測定の結果、再生骨材等の二酸化炭素固定量は、再生骨材に含まれるセメント量が多いほど、粒径が小さいほど（図-1に示すように表面積が大きいほど）大きい。また、粗骨材、細骨材、微粉の生成割合を考慮すると、表-4の原コンクリート1トンあたりの製品別二酸化炭素固定量の推定結果に示したように、再生骨材H ≥ M ≥ L ≥ RC40の順に大きい。ただし、骨材、微粉の生成割合、粒度、

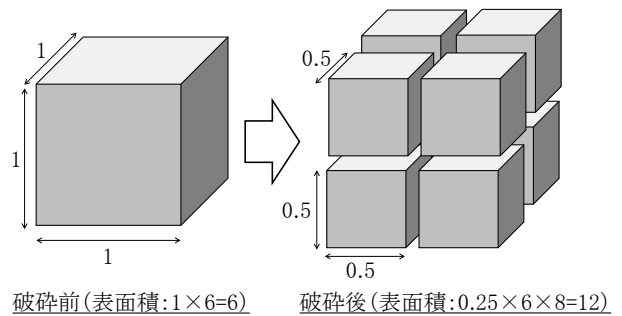


図-1 コンクリート塊の破碎による表面積の増加（模式図）

コンクリート塊を破碎すると、大気に触れる表面積が増加する（仮に、8分割すると表面積は2倍に増加する）ため、二酸化炭素固定量も大きくなる。

保管方法について実プラントの状況等を調査した上で、二酸化炭素固定量の感度分析を行う必要があると考えられる。

表-3 製品別の二酸化炭素固定量測定結果及びコンクリート塊1tからの各粒群の生成割合

製品	二酸化炭素固定量(kg CO <sub>2</sub> /t)			生成割合(質量%)		
	粗骨材	細骨材	微粉	粗骨材	細骨材	微粉
再生骨材H(機械的方法)	1.94	6.14	62.9	40	15	45
再生骨材H(熱的方法)	1.26	4.03	55.5	36	22	42
再生骨材M	4.09	14.1	未測定	41	26	33
再生骨材L	6.41	25.6	未測定	70	22	8
RC40	9.96			100		

※乾湿繰返し条件で28日間大気暴露させたケース。

表-4 原コンクリート1トンあたりの製品別二酸化炭素固定量の推定結果

製品	二酸化炭素固定量(kg CO <sub>2</sub> /t)	算出式(各粒群の二酸化炭素固定量×生成割合の合計)
再生骨材H(機械的方法)	30.0	$1.94 \times 0.40 + 6.14 \times 0.15 + 62.9 \times 0.45$
再生骨材H(熱的方法)	24.7	$1.26 \times 0.36 + 4.03 \times 0.22 + 55.5 \times 0.42$
再生骨材M	26.1	$4.09 \times 0.41 + 14.1 \times 0.26 + 62.9 \times 0.33$
再生骨材L	15.2	$6.41 \times 0.70 + 25.6 \times 0.22 + 62.9 \times 0.08$
RC40	10.0	$9.96 \times 1.00$

※再生骨材MとLの微粉については二酸化炭素を計測していない。そのため、再生骨材MやLの製造方法に近い再生骨材H(機械的方法)の製造時の微粉で代用した。

#### 4. まとめ

本研究により、路盤材及びコンクリート用再生骨材を模擬した試料の二酸化炭素固定量を測定することができた。なお、本調査は固定量のみに着目しているため、LCA的観点から再資源化時のエネルギー消費等も考慮した正味の二酸化炭素排出量を比較することが必要である。

今後は、さらなる調査・検証を行った上で、再生骨材等への再資源化がもたらす低炭素化社会の推進効果について発信していく予定である。

#### 参考文献

- 1) セメント協会：C & C エンサイクロペディア、pp.195～197、セメント協会、1996
- 2) 曾根真理、神田太朗：コンクリート塊の再資源化による二酸化炭素固定、建設の施工企画、2011年12月号
- 3) 黒田泰弘、菊池俊文：解体コンクリートによる二酸化炭素の固定、コンクリート工学論文集、第20巻、第1号、pp.15～22、2009
- 4) 小林一輔：コア採取によるコンクリート構造物の劣化診断法、pp.95～103、森北出版、1998

長濱庸介



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路環境研究室 研究官  
Yosuke NAGAHAMA

神田太朗



国土交通省道路局環境安全課道路環境調査室環境対策係長(前 国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部道路環境研究室研究官)  
Taro KANDA

角湯克典



(一財)日本みち研究所研究理事調査部長兼駐車場研究室長(前 国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究部道路環境研究室長)  
Katsunori KADOYU