

# 論文 香川県における廃コンクリートとその CO<sub>2</sub> 排出量に関する現状と将来予測

竹田 真梨子<sup>\*1</sup>・堺 孝司<sup>\*2</sup>・北垣 亮馬<sup>\*3</sup>

**要旨：**本研究は、香川県における廃コンクリート類フロー及び関連する CO<sub>2</sub> 排出量の実態調査ならびにその将来予測について検討を行ったものである。その結果、中間処理場及び最終処分場における CO<sub>2</sub> 排出原単位はそれぞれ 7.95kg-CO<sub>2</sub>/t 及び 8.38kg-CO<sub>2</sub>/t となった。また、再生骨材製造 CO<sub>2</sub> 排出量を加熱すりもみによるものの 1/6 程度に抑えることができれば、廃コンクリート余剰量を最終処分するのと同程度の CO<sub>2</sub> 排出量で再生骨材として利用することができることを明らかにした。そして、廃コンクリート排出量を 2035 年まで予測したところ、CO<sub>2</sub> 排出量が想定するシナリオにより 2010 年と比べて約 15.5%~17.5%の範囲で減少する。

**キーワード：**廃コンクリート、中間処理場、最終処分場、再生路盤材、再生骨材、CO<sub>2</sub>、将来予測

## 1. はじめに

近年、わが国では、地球温暖化対策に関する中期目標として、2020 年までに 1990 年比で温室効果ガス排出量を 25%削減することを目標として掲げている<sup>1)</sup>。2008 年度におけるわが国の温室効果ガス排出量は前年度比で 6.4%減少しているが、1990 年比では 1.9%増加しており<sup>2)</sup>、目標を達成するには、今後更なる排出抑制対策が必要である。著者らは、これまで、香川県をフィールドとし、廃コンクリート排出量の実態調査及び、それに伴い発生する CO<sub>2</sub> 排出量を算出し、環境負荷シミュレーションを行なうことにより、廃コンクリート起源の CO<sub>2</sub> 排出量の抑制と資源の有効活用について検討を行なってきた<sup>3)</sup>。

本研究は、引き続き、香川県における廃コンクリート類（廃コンクリート、廃アスファルト合材、及びコンクリートくず）フロー及び関連する CO<sub>2</sub> 排出量の実態調査を行うと共に、新たにその将来予測について検討した。

## 2. 廃コンクリートの実態調査

### 2.1. アンケート調査

香川県に事業所を持ち、産業廃棄物の中間処理または最終処分を行なっている事業所のうち、がれき類・ガラスくず・陶磁器くず・コンクリートくずの受入認可を持つ事業所に、2009 年度の事業内容を対象としたアンケート調査を行なった。アンケート項目は表-1 の通りである。また、中間処理場については、表-2 に示す、事業所周辺で発生している中間処理業を行なう上での問題点について該当するものがあるか調査を行なった。アンケート回収件数は表-3 の通りである。本研究ではアンケート回収事業所のうち、廃コンクリート類の受け入れが

表-1 アンケート調査項目

|              | データ項目                           | 中間<br>処理場 | 最終<br>処分場 |
|--------------|---------------------------------|-----------|-----------|
| 規模<br>情報     | がれきの破碎処理能力                      | ○         | -         |
|              | ストックヤード面積                       | ○         | -         |
|              | 現時点の埋め立て残余量                     | -         | ○         |
|              | 開設当初の埋立許可量                      | -         | ○         |
| 品目<br>受入     | 廃コンクリート                         | ○         | ○         |
|              | 廃アスファルト合材                       | ○         | ○         |
|              | コンクリートくず                        | ○         | ○         |
| 品目<br>生産     | 再生路盤材                           | ○         | -         |
|              | 再生アスファルト合材用骨材                   | ○         | -         |
|              | その他                             | ○         | -         |
| 品目<br>出荷     | 再生路盤材                           | ○         | -         |
|              | 再生アスファルト合材用骨材                   | ○         | -         |
|              | その他                             | ○         | -         |
| 品目<br>副産     | 再生路盤材                           | -         | ○         |
|              | 再生アスファルト合材用骨材                   | -         | ○         |
|              | その他                             | -         | ○         |
| エネルギー<br>使用量 | 重油                              | ○         | ○         |
|              | 軽油                              | ○         | ○         |
|              | ガソリン                            | ○         | ○         |
|              | ガス                              | ○         | ○         |
|              | 購入電力                            | ○         | ○         |
| その他          | 業務別エネルギー使用量の割合                  | ○         | ○         |
|              | 重機・破碎機の全操業時間のうち、<br>廃コン処理に占める割合 | ○         | ○         |

表-2 中間処理業を行う上での問題

| No. | 内容                                               |
|-----|--------------------------------------------------|
| 1   | 再生製品の原材料となる製品が不足している                             |
| 2   | 再生製品の需要がなくストックヤードが製品でいっぱいになり、新たに廃棄物を受入れることが困難である |
| 3   | 中間処理場で製造している再生製品と競合するものがある                       |
| 4   | 県外産の製品が多く流通している                                  |
| 5   | 問題なし                                             |
| 6   | その他                                              |

表-3 アンケート回収件数

| 処理場   | 廃コン受入認可<br>所持事業所数(件) | 回収事業所数(件) |        |
|-------|----------------------|-----------|--------|
|       |                      | 廃コン受入有    | 廃コン受入無 |
| 中間処理場 | 55                   | 19        | 9      |
| 最終処分場 | 15                   | 7         | 0      |

\*1 香川大学大学院 工学研究科安全システム建設工学専攻 (正会員)

\*2 香川大学 工学部安全システム建設工学科教授 工博 (正会員)

\*3 東京大学大学院 工学系研究科特任助教 工博 (正会員)

あった事業所を対象とした。

## 2.2. 中間処理場

### (1) 品目別受入量

図-1 に、廃コンクリート類の受け入れがあった事業所の受入総量と品目別内訳、図-2 に事業所別受入量を示す。廃コンクリートは受入総量の 69%を占めており、事業所別では 19 事業所中 18 事業所が廃コンクリートと廃アスファルトの両方を受け入れている。

### (2) 事業所別 CO<sub>2</sub> 排出量原単位の算出

各事業所の中間処理によるエネルギー使用量に、重機・破砕機の全操業時間のうち、廃コンクリート類処理の占める割合を乗じ、廃コンクリート処理によるエネルギー使用量を算出した。廃コンクリート処理によるエネルギー使用量に、CO<sub>2</sub> 排出原単位<sup>4)</sup>を乗じて算出した CO<sub>2</sub> 排出量を受入量で除すことにより、受入量当たりの CO<sub>2</sub> 排出量を算出した。なお、運搬などその他のエネルギー使用量と明確に区別できない事業所については、エネルギー使用量の比率により、中間処理のみによるエネルギー使用量を算出した。図-3 にその結果を示す。データが得られなかった事業所 ID9, 14, 19 を除き CO<sub>2</sub> 排出量を平均すると、7.95kg-CO<sub>2</sub>/t となった。

## 2.3. 最終処分場

### (1) 品目別受入量

図-4 に、回答の得られた全事業所の受入総量と品目別内訳、図-5 に事業所別受入量を示す。廃コンクリートは受入総量の 87%を占め、廃アスファルト合材は受入

があったものの、受入総量の 1%を満たさないほどであった。また、2 つの事業所が廃コンクリート類の大半を受入れていることが分かる。

### (2) 事業所別 CO<sub>2</sub> 排出量原単位の算出

各事業所の最終処分によるエネルギー使用量に、重機・破砕機の全操業時間のうち、廃コンクリート類処理の占める割合を乗じ、廃コンクリート処理によるエネルギー使用量を算出した。廃コンクリート処理によるエネルギー使用量に、CO<sub>2</sub> 排出原単位<sup>4)</sup>を乗じて算出した CO<sub>2</sub> 排出量を受入量で除すことにより、受入量当たりの CO<sub>2</sub> 排出量を算出した。なお、運搬などその他のエネルギー使用量と明確に区別できない事業所については、エネルギー使用量の比率により、最終処分のみによるエネルギー使用量を算出した。図-6 にその結果を示す。データが得られなかった事業所 ID5 及び、重機による整地作業を外部発注してそのエネルギー使用量が欠落している事業所 ID1~3 を除いて CO<sub>2</sub> 排出量を平均すると、8.38kg-CO<sub>2</sub>/t となった。

## 2.4. 廃コンクリート循環における問題点

中間処理業を行う上での問題(表-2 参照)を有する事業所の状況を図-7 に示す。廃コンクリート類の受け入れのあった 19 事業所中 15 事業所から、これらの問題についての回答があった。最も回答の多かったのは、新規の廃棄物受入が困難であるという問題であり、今後、建設投資の縮小により、こういった傾向が益々増加していくことが考えられる。次いで回答の多かったのは、再

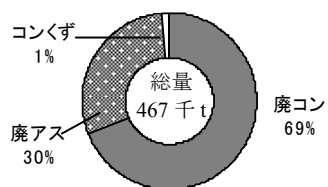


図-1 中間処理場受入総量と内訳

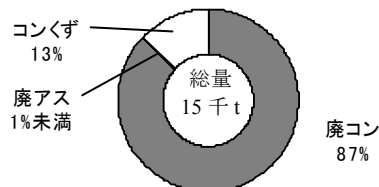


図-4 最終処分場受入総量と内訳

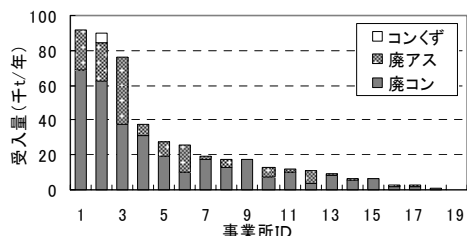


図-2 中間処理場事業所別受入量

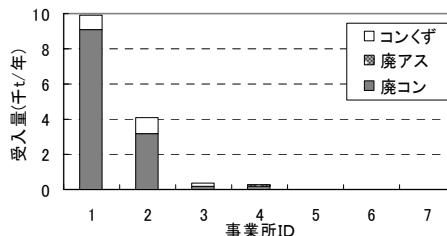


図-5 最終処分場事業所別受入量

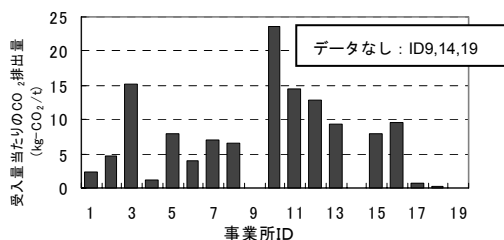


図-3 中間処理場 CO<sub>2</sub> 排出原単位

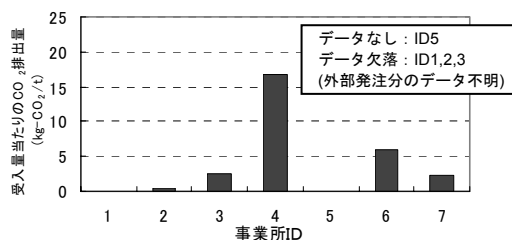


図-6 最終処分場 CO<sub>2</sub> 排出原単位

生製品の原材料となる製品が不足しているという問題であり、アスファルト合材工場においては廃アスファルト合材が不足していることが明らかとなった。

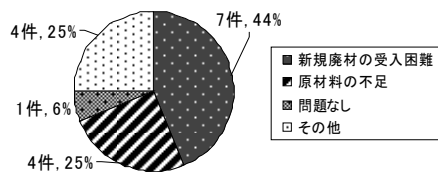


図-7 中間処理業を行なう上での問題の割合

#### 4. 廃コンクリート排出量の将来予測

##### 4.1. 算出方法

廃コンクリート排出量の将来予測は、萩島ら<sup>5)</sup>によって、現存建物床面積より建物残存率を推定し、将来の解体床面積を予測したものに廃コンクリート発生原単位を乗じる方法で行なわれている。本研究では、現存建物床面積及び廃コンクリート排出量を組み合わせた建物残存率の推定により、将来の解体床面積の予測を行なった。廃コンクリート将来予測算出フローを図-8に示す。

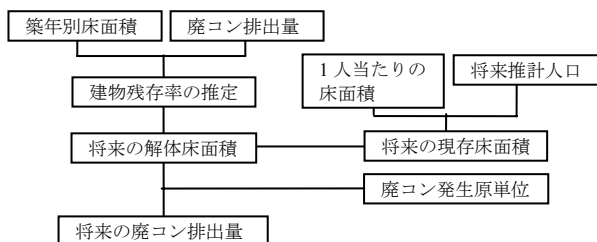


図-8 廃コンクリート将来予測算出フロー

##### 4.2. 建物残存率の推定

「固定資産の価格等の概要調査<sup>6)</sup>」に記載されている、建築年次別の建物床面積及び廃コンクリート排出量より、木造・非木造建物の残存率を推定した。

$$D_i(i) = G_j(i) \cdot \lambda(i-j) = \frac{G_j(i)}{R(i-j)} \cdot f(i-j) \quad (1)$$

$$R(i) = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^i \frac{1}{x} \exp\left\{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\} dx \quad (2)$$

$$f(i) = \frac{1}{\sigma \cdot i\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(\ln i - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (3)$$

$D(i)$ :  $j$  年築建物の  $i$  年における解体床面積,  $f(i)$ : 経年  $i$  の建物の減失率の故障時間密度関数,  $G_j(i)$ :  $j$  年築建物の  $i$  年における現存床面積,  $R(i)$ : 経年  $i$  の建物の残存率関数,  $\lambda(i)$ : 経年  $i$  の建物の故障率関数  $j$  年築の建物の  $i$  年における解体床面積は(1)式で表される。また、廃コンクリート排出量は、解体床面積に廃

コンクリート発生量原単位(表-4)<sup>7)</sup>を乗じ算出する。なお、現存床面積  $G_j(i)$  は木造・非木造の2区分であるため、非木造については着工面積の構造別割合と現存床面積の構造別割合が同じであると仮定し、1995 年～2009 年の総着工面積の構造別割合により構造別現存床面積を推定した。また、1962 年以前築の建物は築年別の現存床面積がわからないため、それらについては無視した。(2)式のパラメータ  $\mu$  及び  $\sigma$  には、あらかじめ乱数を設定し、乱数  $\mu$  及び  $\sigma$  のときの残存率  $R(i)$  で算出した廃コンクリート排出量と統計データによる廃コンクリート排出量<sup>8)</sup>の誤差の二乗が最小となる  $\mu$  及び  $\sigma$  を求めた。本研究では、平成 17～19 年度の築年別現存床面積及び廃コンクリート排出量を用い算出したパラメータの平均値を香川県の残存率関数として推定した。その結果を図-9,10に示す。なお、廃コンクリート排出量はがれき類排出量<sup>8)</sup>のうち廃コンクリートと廃アスファルト合材の比率をこれまでの調査に基づき 5:2 と仮定し算出した。

##### 4.3. 将来の解体床面積の推計

将来の解体床面積は、(1)式より、 $k$  年度における築年別現存床面積と  $k$  年度以降の着工床面積を用いて(4)式で表される。また、解体床面積と着工床面積には(5)式の関係が成り立つため、 $k$  年度以降に存在する将来現存床面積の総和  $S(i)$  を予測すれば、将来の解体床面積が算出できる。

$$D(i) = \sum_{j \leq k-1} \left\{ \frac{G_j(k)}{R(k-j)} \cdot f(i-j) \right\} + \sum_{k \leq j \leq i-1} \{e(j) \cdot f(i-j)\} \quad (4)$$

ただし、 $i \leq k$ ,  $e(i)$ :  $i$  年における着工床面積

表-4 廃コンクリート発生量原単位[kg/m<sup>2</sup>]

| 木造  | 非木造     |          |            |
|-----|---------|----------|------------|
|     | 鉄骨・軽量鉄骨 | 鉄筋コンクリート | 鉄骨鉄筋コンクリート |
| 205 | 521     | 1133     | 1638       |

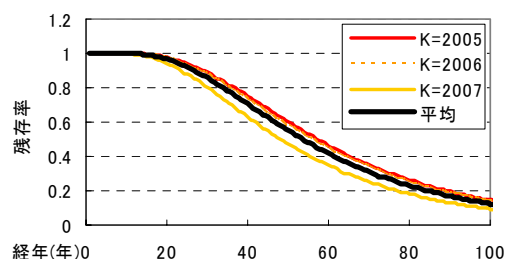


図-9 木造の残存率関数

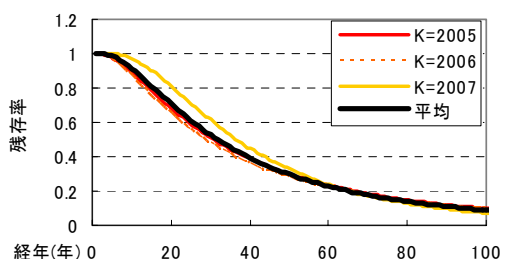


図-10 非木造の残存率関数

$$e(i) = S(i+1) - S(i) + D(i) \quad (5)$$

$S(i)$  :  $i$  年における現存床面積の総和

将来の現存床面積  $S(i)$  は、1 人当たり床面積と人口の積により算出できる。1 人当たり床面積を平成 17 年度現存床面積<sup>6)</sup>及び人口統計<sup>9)</sup>により算出し、その後その値で一定になると仮定した。算出した平成 17 年度の 1 人当たり現存床面積に将来推計人口<sup>10)</sup>を乗じ、将来現存床面積を推計した。

現存床面積  $G_j(k)$  を、 $k=2005$  と設定し、2005 年度（平成 17 年度）の現存率床面積及び将来現存床面積  $S(i)$  を用い、将来解体床面積を算出した。図-11 に将来解体床面積に廃棄物発生原単位<sup>7)</sup>を乗じて算出した廃コンクリート排出量及び統計データ<sup>8)</sup>を示す。また、図-12 に木造・非木造別廃コンクリート排出量を示す。木造建物より発生する廃コンクリートは 2021 年度まで増加し、その後減少していく結果となった。一方、非木造建物より発生する廃コンクリートは年々減少していく結果となった。これは、将来推計人口の減少に伴う将来現存床面積の減少の影響によるものと考えられる。

## 5. 廃コンクリートの利用に関する環境負荷シミュレーション

本研究では ecoMA<sup>11)</sup>を用い、既存の中間処理場及び最終処分場による環境負荷シミュレーションを行った。本シミュレーションのプログラムフローを図-13 に示す。香川県における廃コンクリートフローの現状と今後想定される動向を反映させたシナリオを設定し、シミュレーションすることにより、香川県における CO<sub>2</sub> 排出量削減効果を検証した。環境負荷シミュレーションのためのシ

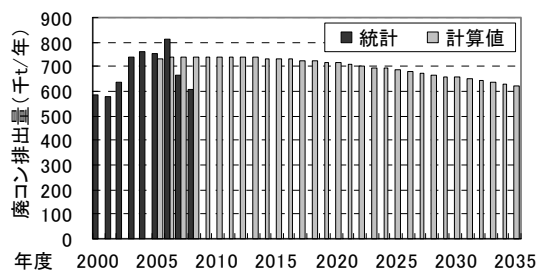


図-11 廃コンクリート排出量予測値と統計値<sup>9)</sup>の比較

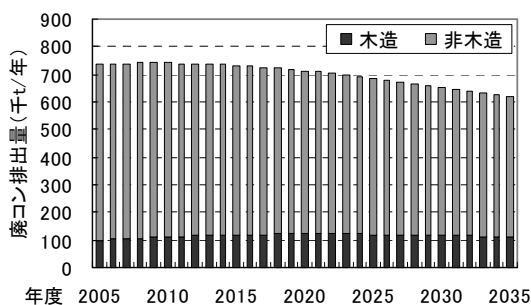


図-12 木造・非木造別廃コンクリート排出量予測値

ナリオを表-5 に示す。シナリオ 1 では、廃コンクリート排出量<sup>8)</sup>及び再生路盤材使用量を年度別にシミュレーションに反映させたものである。再生路盤材使用量については、表-6 及び図-14 の項目を用いて算出した。廃コンクリート排出量における再生路盤材使用量の割合を図-15 に示す。なお、廃コンクリートは路盤材として使用されるもの以外は全て最終処分されるものと仮定した。シナリオ 2 は、再生路盤材の需要減少により最終処分される廃コンクリートが増加した場合についての検討を 2035 年まで行うものであり、シナリオ 3 は、路盤材としての需要が減少し、再生路盤材製造から再生骨材製造へと変化していった場合についての検討を 2035 年まで行うものである。機械すりもみ法と比べて石粉発生を最小に抑えて高品質再生骨材を製造可能な加熱すりもみにより再生骨材を製造することとし、加熱すりもみによる CO<sub>2</sub> 排出原単位を用いる場合と、その 1/2 及び 1/3 の CO<sub>2</sub> 排出原単位を用いる場合の 3 ケースについて検討を行った。

その他の前提条件については、廃コンクリート排出量は人口密度に比例するものとし<sup>13)</sup>、各事業所の廃コンクリート受入可能量はアンケート結果を用いた。人口密度分布は将来も変わらないと仮定する。各事業所の廃コンクリート 1t 処理あたりの CO<sub>2</sub> 排出原単位について、中間処理場は 2.2.(2)より 7.95kg-CO<sub>2</sub>/t、最終処分場は、2.3.(2)より 8.38kg-CO<sub>2</sub>/t とし、加熱すりもみ再生骨材の製造に伴う CO<sub>2</sub> 排出原単位は 41.5kg-CO<sub>2</sub>/t<sup>14)</sup>を用いた。輸送トンキロ当たりの CO<sub>2</sub> 排出原単位は国土交通省データより

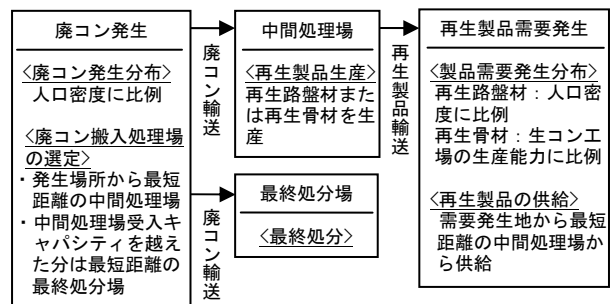


図-13 シミュレーションのプログラムフロー

表-5 環境負荷シミュレーションシナリオ

| No | シナリオ名        | 内容                                                                                                              |
|----|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 廃コン排出量現状反映型  | H13～19 年度の廃コン排出量及び路盤材使用量を用い、現状のフローを反映させたシミュレーションを行う                                                             |
| 2  | 路盤材需要減少将来予測型 | 廃コン排出量予測値(2005 年より 2035 年まで 5 年毎)を用い、中間処理場で受入れた廃コンは全て再生路盤材を製造し、路盤材の需要減少により発生する廃コン余剰量は全て最終処分するものと仮定し、シミュレーションを行う |
| 3  | 再生骨材製造型将来予測型 | 廃コン排出量予測値(2005 年より 2035 年まで 5 年毎)を用い、中間処理場で受入れた廃コンは全て再生路盤材及び再生骨材を製造すると仮定し、シミュレーションを行う                           |

0.174kg-CO<sub>2</sub>/t.km<sup>15</sup>)とし、事業所や輸送形態の規模によってCO<sub>2</sub>排出原単位は変化しないものとした。

各シナリオのシミュレーション結果を図-16～22に示す。図-15、16より、再生路盤材使用量と最終処分量は各年度で大きく差があるが、中間処理場と最終処分場のCO<sub>2</sub>排出原単位の差が小さいため、廃コンクリート排出量に比例してCO<sub>2</sub>排出量が増加する結果となっている。また、図-17より、最終処分量が増加するほどCO<sub>2</sub>排出量は減少している。これは、再生路盤材製造量が減少することにより、製品輸送に関わるCO<sub>2</sub>排出量が減少したためである。図-18より、中間処理場CO<sub>2</sub>排出原単位に比べ、高品質再生骨材製造によるCO<sub>2</sub>排出原単位が約5倍となっているため、再生骨材製造量が増加するほどCO<sub>2</sub>排出量が増大する結果となった。図-19は、2035

表-6 路盤材使用量算出データ

|                |                                                   |
|----------------|---------------------------------------------------|
| 道路実延長の前年度との延長差 | 道路統計年報 <sup>12)</sup> より、道路種別及び幅員別に延長差を算出(図-13参照) |
| 道路路盤の厚さ        | 市町村道: 250mm<br>高速道路, 一般国道, 都道府県道: 370mmと仮定        |
| 道路の幅員          | 表-7参照                                             |
| 再生路盤材の比重       | 突き詰め密度として2.0t/m <sup>3</sup> を用いた                 |

表-7 道路幅員別計算値

|          |        |            |             |         |
|----------|--------|------------|-------------|---------|
| 道路統計幅員区分 | 5.5m未満 | 5.5m～13.0m | 13.0m～19.5m | 19.5m以上 |
| 計算値      | 5.5m   | 9.25m      | 16.25m      | 19.5m   |

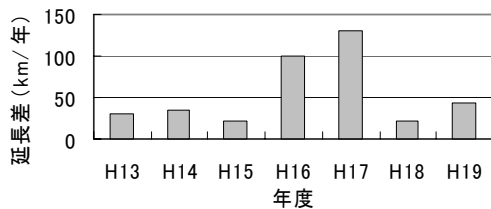


図-14 前年度との道路延長差

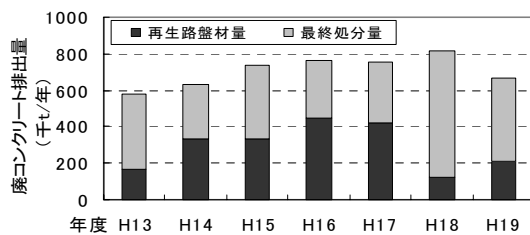


図-15 再生路盤材量及び最終処分量の仮定量

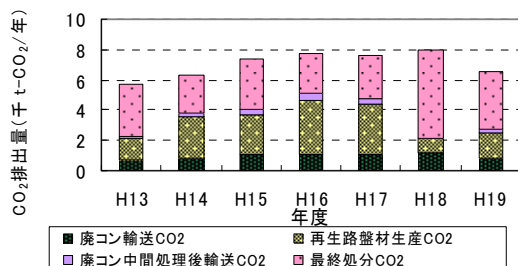


図-16 シナリオ1によるCO<sub>2</sub>排出量

年におけるシナリオ2, 3のCO<sub>2</sub>排出量を示す。再生骨材製造CO<sub>2</sub>排出原単位を現行の1/6程度に抑えることができれば、廃コンクリート余剰量を最終処分するのと同程度のCO<sub>2</sub>排出量で再生骨材として利用することができる。有効な資源利用のためには廃コンクリートを再生骨材として利用していくことが必要である。そのためには、再生骨材製造時におけるCO<sub>2</sub>発生を著しく低減する技術開発が必須となる。また、図-20, 21にシナリオ2, 3による年度別CO<sub>2</sub>排出量を示す。図-20より、最終処分量が増加してもCO<sub>2</sub>排出量の増減量に差はないが、図-21より、再生骨材製造割合が多いほどCO<sub>2</sub>排出量の増加が大きくなる傾向となった。図-22にシナリオ3の廃コンクリートに対する再生骨材製造割合が100%の場合の経年変化を示す。廃コンクリート排出量減少に伴いCO<sub>2</sub>排出量が減少し、2035年では2010年と比べて想定するシナリオにより約15.5%～17.5%の範囲で減少する結果となった。

## 6. 結論

- (1) 香川県のコンクリート系廃棄物を取扱う中間処理場及び最終処分場にアンケート調査を実施したところ、各事業所のCO<sub>2</sub>排出原単位を平均すると、中間処理場は7.95kg-CO<sub>2</sub>/t、最終処分場は8.38kg-CO<sub>2</sub>/tとなった。
- (2) 再生骨材製造CO<sub>2</sub>排出原単位を現行の1/6程度に抑えることができれば、廃コンクリート余剰量を最終処

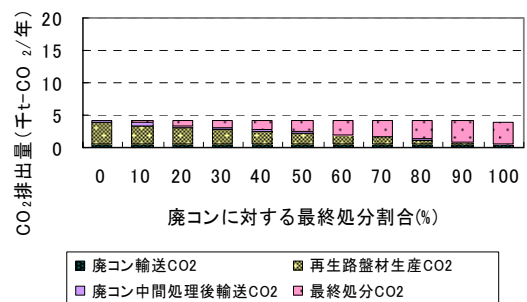


図-17 シナリオ2によるCO<sub>2</sub>排出量(2035年)

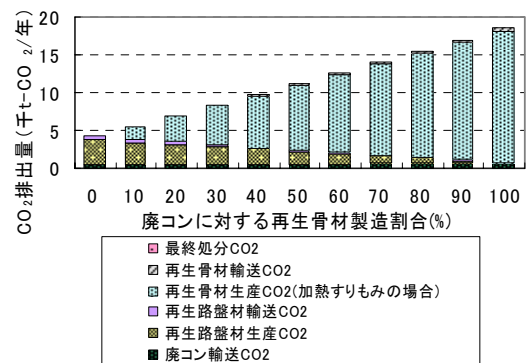


図-18 シナリオ3によるCO<sub>2</sub>排出量(2035年)

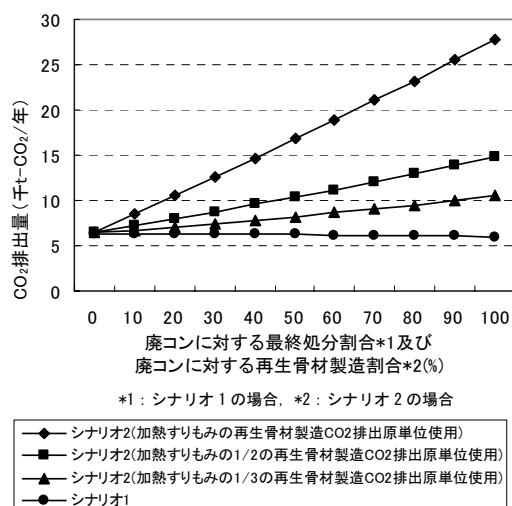


図-19 シナリオ 2, 3 の CO<sub>2</sub> 排出量の比較 (2035 年)

分するのと同程度の CO<sub>2</sub> 排出量で再生骨材として利用することができる。そのためには、再生骨材製造技術の著しい向上が必要である。

- (3) 廃コンクリート排出量を 2035 年まで予測したところ、年々減少し、CO<sub>2</sub> 排出量が 2010 年と比べて想定するシナリオにより約 15.5%~17.5%の範囲で減少する結果となった。

## 謝辞

本研究の一部は、環境省地球環境研究総合推進費 (Hc-087) の助成によるものである。また、本研究を進めるにあたって「香川県の建設に関わる物質フロー研究会」会員から多くの貴重な意見を得た。合わせて、ここに深甚の謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 環境省：チャレンジ 25,  
<http://www.challenge25.go.jp/about/index.html>
- 2) 環境省：2008 年度 (平成 20 年度) 温室効果ガス排出量,  
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/index.html>
- 3) 竹田ほか：香川県の廃コンクリートフローにおける環境負荷特性に関する研究、コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.1787-1792, 2010.7
- 4) 土木学会：コンクリート構造物の環境性能照査指針 (試案), 2005
- 5) 萩島理ほか：地域特性を考慮した建築解体廃棄物の発生量の将来予測に関する研究、日本建築学会計画系論文集, No.560, pp.75-82, 2002.12
- 6) 香川県：固定資産の価格等の概要調書, 平成 17 年度版~平成 19 年度版
- 7) 橋本征二ほか：建築解体廃棄物の原単位設定、廃棄物学会論文誌, Vol.10, No.1, pp.35-44, 1999

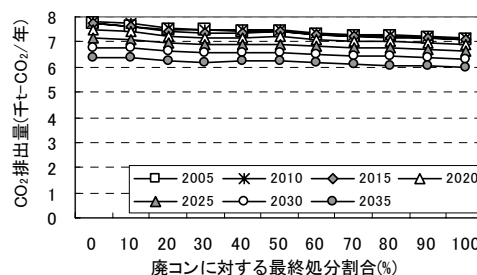


図-20 シナリオ 2 による年度別 CO<sub>2</sub> 排出量

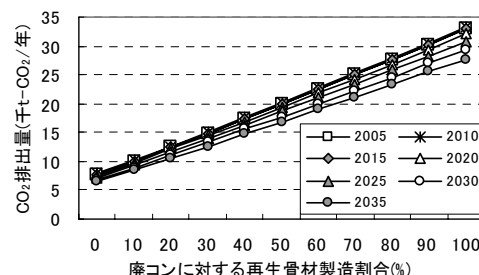


図-21 シナリオ 3 による年度別 CO<sub>2</sub> 排出量

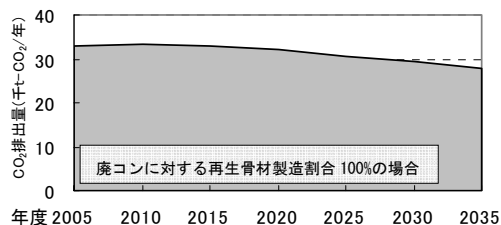


図-22 シナリオ 3 による CO<sub>2</sub> 排出量の経年変化

- 8) 香川県廃棄物対策課編：産業廃棄物排出・処理状況、平成 13 年度~19 年度
- 9) 総務省：平成 12 年及び 17 年国勢調査
- 10) 国立社会保障・人口問題研究所：都道府県別将来推計人口
- 11) 野口貴文ほか：コンクリート材料分野を対象とした資源循環シミュレーションシステム (EcoMA) の開発 その 1 研究開発プロジェクトの概要、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.725-726, 2006
- 12) 国土交通省道路局企画課編：道路統計年報, 2002-2008
- 13) 名知洋子ほか：首都圏における建設副産物処理施設の立地特性に関する研究、日本建築学会計画系論文集, No.589, pp.161-168, 2005
- 14) 島裕和ほか：加熱すりもみ法によるコンクリート塊からの高品質骨材回収の LCA 評価、コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.2, pp.67-72, 2001
- 15) 国土交通省編：環境負荷の小さい物流体系の構築を目指す実証実験補助制度における CO<sub>2</sub> 排出削減量の算出方法について,  
<http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/H16youryouCO2.pdf>