

E-0807 社会資本整備における環境政策導入によるCO<sub>2</sub>削減効果の評価と実証に関する研究

(3) シミュレーション試行のための地方圏でのデータ収集・実態調査(四国)

香川大学工学部安全システム建設工学科

堺 孝司

〈研究協力者〉

香川大学大学院 工学研究科 安全システム建設工学専攻 竹田 真梨子

平成20～22年度累計予算額：6,053千円(うち、平成22年度予算額 1,599千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 本研究では、四国をフィールドとし、廃コンクリートを中心とした廃棄物量の実態調査と、それに伴い発生するCO<sub>2</sub>の排出原単位を算出し、環境負荷シミュレーションを行なった。また、香川県を対象とした廃コンクリート排出量とそれに伴い発生するCO<sub>2</sub>排出量の将来予測を行なった。その結果、中間処理場及び最終処分場各事業所のCO<sub>2</sub>排出原単位を平均すると、中間処理場は香川県7.95kg-CO<sub>2</sub>/t、徳島県8.41kg-CO<sub>2</sub>/t、愛媛県8.57kg-CO<sub>2</sub>/t、高知県9.09kg-CO<sub>2</sub>/tとなり、最終処分場は香川県8.38kg-CO<sub>2</sub>/t、愛媛県18.48kg-CO<sub>2</sub>/t、高知県33.21kg-CO<sub>2</sub>/tとなった。なお、徳島県の最終処分場データは取得できなかった。現状を反映させた環境負荷シミュレーションでは、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香川県では、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り、中間処理場と最終処分場のCO<sub>2</sub>排出原単位の差が大きい徳島県、愛媛県、高知県では、最終処分量が多い年度においてCO<sub>2</sub>排出量が増大する傾向にあった。香川県の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、2035年は2005年と比べ19.5%減少する結果となった。また、香川県を対象とした将来予測による環境負荷シミュレーションでは、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。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。また、想定するシナリオにより、CO<sub>2</sub>排出量は2035年は2005年と比べて約19.7%～22.8%減少する結果となった。

[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>

## 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。建設分野、特にその主材をなすコンクリートに関わるCO<sub>2</sub>排出の管理は今後重要になってくると考えられる。これまで蓄積されてきた膨大なコンクリート構造物の解体に伴う廃コンクリートの処理に伴うCO<sub>2</sub>排出の将来予測と、資源としての廃コンクリートの利用方法に関する検討を行う必要がある。その特徴は、大都市圏と地方圏で大きく異なることが考えられる。県としての面積が最も小さく、人口密度が全国で11番目に高い香川県と、

人口密度が全国で5番目に低い高知県を含む地方圏、四国の廃コンクリートの状況を把握することは、国内の全体把握に有用な情報を与えることになると考えられる。

## 2. 研究目的

本研究では、四国における社会資本整備における環境政策の導入を検討することで、CO<sub>2</sub>削減効果および廃コンクリート削減効果を明らかにするために、必要なデータ収集を行い、いくつかのシナリオを設定して、廃コンクリート排出量に伴い発生するCO<sub>2</sub>の将来予測と環境政策導入効果を検討することを目的とする。

## 3. 研究方法

本研究では、四国をフィールドとして廃コンクリートを中心とした廃棄物量の実態調査と、それに伴い発生するCO<sub>2</sub>の排出原単位を算出し、環境負荷シミュレーションツール（ecoMA<sup>3</sup>）を用いたCO<sub>2</sub>排出シミュレーションを行なった。また、香川県を対象とした廃コンクリート排出量とそれに伴い発生するCO<sub>2</sub>排出量の将来予測を行った。

## 4. 結果・考察

### （1）廃コンクリートの実態調査

#### 1) アンケート調査

四国に事業所を持ち、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、廃コンクリート類（がれき類、ガラスくず、陶磁器くず及びコンクリートくず）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11の通りである。規模情報、受入量、生産量、出荷量、副産物量、エネルギー使用量に加え、廃コンクリートの処理のみによるエネルギー使用量を把握するため、重機・破砕機の全操業時間のうち廃コンクリート処理に占める割合と、兼業している事業所については業務別エネルギー使用量の項目を設けた。また、中間処理場については、表12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13の通りである。回収率は香川県50%、徳島県22%、愛媛県23%、高知県31%であり、全体では30%であった。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あった、中間処理場70事業所、最終処分場17事業所を対象とした。

表 10 アンケート調査項目

	データ項目	中間処理場	最終処分場
規模情報	がれきの破砕処理能力	○	-
	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	-	○
受入品目	廃コンクリート	○	○
	廃アスファルト合材	○	○
	コンクリートくず	○	○
生産品目	再生路盤材	○	-
	再生アスファルト合材用骨材	○	-
	その他	○	-
出荷品目	再生路盤材	○	-

副産品目	再生アスファルト合材用骨材	○	-
	その他	○	-
	再生路盤材	-	○
	再生アスファルト合材用骨材	-	○
エネルギー使用量	その他	-	○
	重油	○	○
	軽油	○	○
	ガソリン	○	○
	ガス	○	○
その他	購入電力	○	○
	重機・破砕機の全操業時間のうち、 廃コン処理に占める割合	○	○
	業務別エネルギー使用量の割合	○	○

表 11 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 12 アンケート回収件数

県	処理場	廃コン受入認可 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
香川県	中間処理場	55	19	9
	最終処分場	15	7	0
徳島県	中間処理場	50	11	2
	最終処分場	8	0	0
愛媛県	中間処理場	129	23	6
	最終処分場	37	4	5
高知県	中間処理場	76	19	4
	最終処分場	9	2	1

## 2) 中間処理場

## a) 事業所別・品目別受入量

図 18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 19に事業所別受入量を示す。香川県、徳島県では廃コンクリートが受入総量の約70%、廃アスファルト合材が約30%と、廃コンクリートの受入が多くなっている。愛媛県と高知県は廃コンクリートよりも廃アスファルト合材の受入量が上回る結果となった。また、事業所別では、全体の85%の事業所が廃コンクリートと廃アスファルト合材の両方を受け入れている。

b) 事業所別CO<sub>2</sub>排出原単位の算出

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(表 13)<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 20にその結果を示す。事業所ID9、14、19、49、51、53、54、55、65はデータが得られなかった。また、事業所ID40、50、70は他の事業所と比べ

突出して大きな値を示している。これは、廃コンクリート処理によるエネルギー使用量とその他のエネルギー使用量が明確に分けられていないことが原因であると考えられる。これらの事業所を除きCO<sub>2</sub>排出量を平均すると、香川県は7.95kg-CO<sub>2</sub>/t、徳島県は8.41kg-CO<sub>2</sub>/t、愛媛県は8.57kg-CO<sub>2</sub>/t、高知県は9.09kg-CO<sub>2</sub>/tとなり、各県同程度のCO<sub>2</sub>排出量となった。

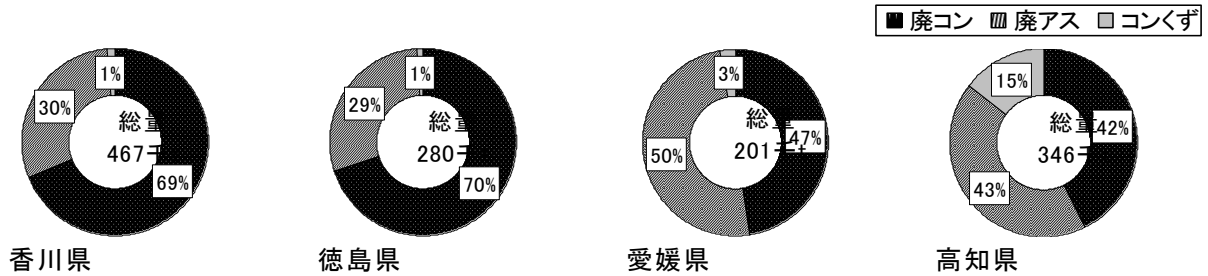


図 18 中間処理場受入総量と内訳

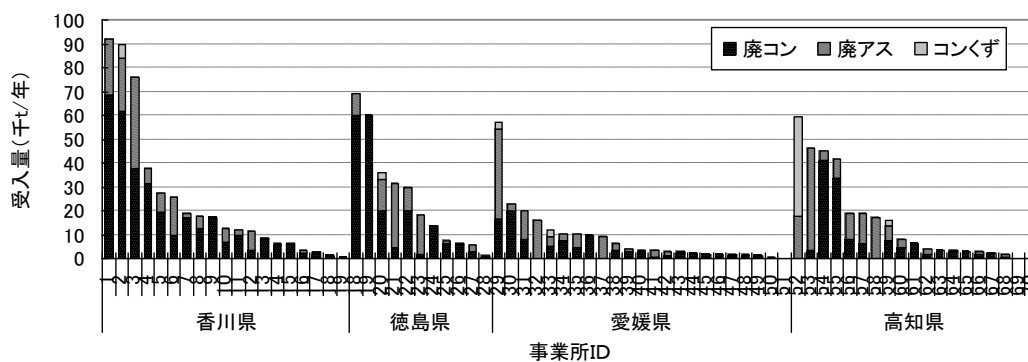


図 19 中間処理場事業所別受入量

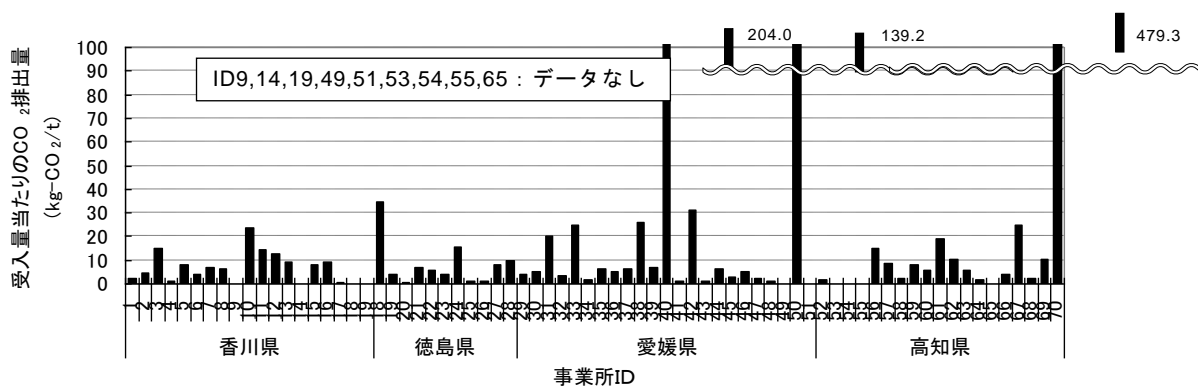


図 20 中間処理場CO<sub>2</sub>排出原単位

表 13 各種エネルギーのCO<sub>2</sub>排出原単位

エネルギー	単位 (*)	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /*)
重油	リットル	3.01
軽油	リットル	2.82
ガソリン	リットル	2.67
ガス	Nm <sup>3</sup>	2.86
購入電力	kWh	0.368

3) 最終処分場

a) 事業所別・品目別受入量

図 21に、回答の得られた全事業所の受入総量と品目別内訳、図 21に事業所別受入量を示す。徳島県は回答が得られていない。香川県の廃コンクリート受入量は受入総量の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%に満たないほどであった。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。愛媛県は廃コンクリート受入量は受入総量の61%、廃アスファルト合材の受入量は受入総量の36%と、香川県と比べ廃アスファルト合材受入量が多い。これは、中間処理場の廃アスファルト合材の受入量が多いことに起因していると考えられる。高知県は香川県と同様、廃コンクリート受入量が多くなっている。しかし、2事業所のデータしか得られていないため、今後更なるデータの回収と詳細な分析が必要である。

#### b) 事業所別CO<sub>2</sub>排出原単位の算出

各事業所の最終処分によるエネルギー使用量に、重機・破砕機の全作業時間のうち、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 23にその結果を示す。事業所ID5はデータが得られていない。また、事業所ID1～3は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。これらを除きCO<sub>2</sub>排出量を平均すると、香川県は8.38kg-CO<sub>2</sub>/t、愛媛県は18.48kg-CO<sub>2</sub>/t、高知県は33.21kg-CO<sub>2</sub>/tとなった。各県大きくばらついており、今後更なるデータの回収と詳細な分析が必要である。

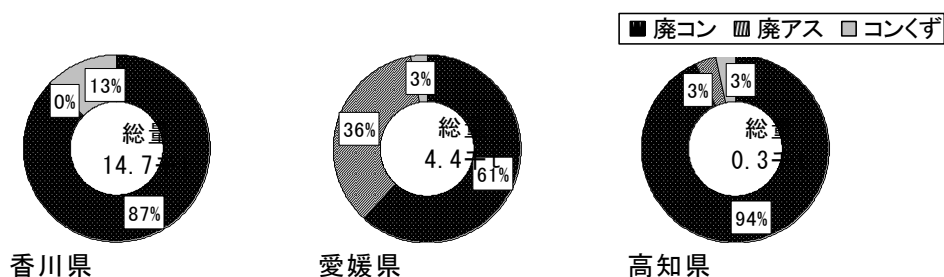


図 21 最終処分場受入総量と内訳

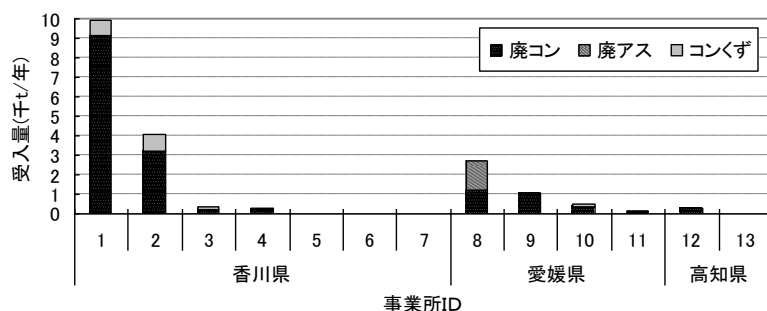


図 22 最終処分場事業所別受入量

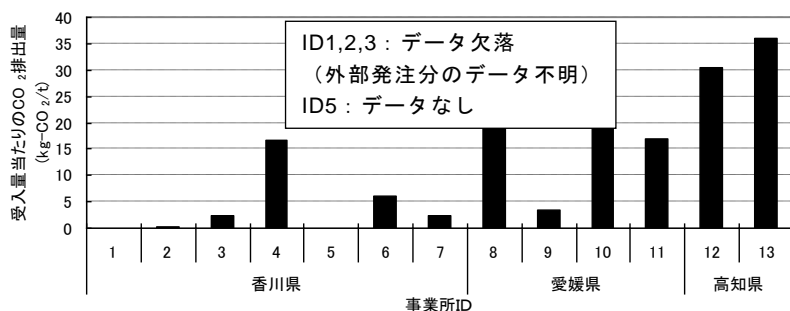


図 23 最終処分場CO<sub>2</sub>排出原単位

4) 中間処理場で発生している問題

中間処理業を行う上での問題（表 11参照）を有する事業所の状況を図 24に示す。香川県は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、徳島県は11事業所中10事業所、愛媛県は23事業所中22事業所、高知県は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。香川県と徳島県で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。愛媛県と高知県で最も回答の多かったのは再生製品製造のための原材料が不足しているという問題であり、また、高知県では中間処理業数が多いことが原材料不足の要因のようである。また、どの県においても、廃アスファルト合材工場では廃アスファルト合材が不足している状況にある。これは、廃アスファルト合材は廃コンクリートに混ざって再生路盤材となっているケースが多いためであると思われる。

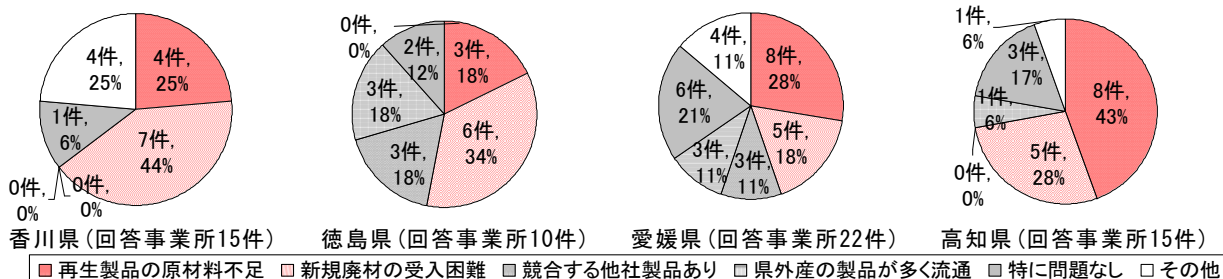


図 24 中間処理業を行う上での問題の割合

(2) 廃コンクリート需給バランス

四国各県の路盤材使用量を、表 14にあるデータを用いて推定した。道路実延長の前年度との延長差を図 8に示す。道路種別及び幅員別の道路延長差に、道路路盤材厚さ、道路幅員、再生路盤材の比重を乗じ、路盤材使用量を算出した。その結果を図 26に示す。図 27にがれき類排出量<sup>5,6)</sup>を示す。同図において、廃コンクリート排出量が分からないため、調査データに基づき廃コンクリートと廃アスファルト合材の比率を5対2と仮定した。この廃コンクリート排出量から路盤材使用量を減じたものを図 28に示す。これは、路盤材として利用されない廃コンクリート余剰量、または廃コンクリート不足量となり得ると捉えることができる。香川県は各年度において30万t～70万tの廃コンクリート余剰量が発生していると考えられる。また、愛媛県においても20万t～60万tの余剰量が発生している。徳島県と高知県は年度によって差はあるが、廃コンクリート排出量と路盤材使用量が均衡している傾向にある。

表 14 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>7)</sup> より、道路種別及び幅員別に延長差を算出													
道路路盤の厚さ	市町村道：250mm 高速道路、一般国道、都道府県道：370mmと仮定													
道路の幅員	右表の計算値を用いた													
	<table border="1"> <caption>表 15 道路幅員別計算値</caption> <thead> <tr> <th>道路統計幅員区分</th> <th>5.5m未満</th> <th>5.5m～13.0m</th> <th>13.0m～19.5m</th> <th>19.5m以上</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>計算値</td> <td>5.5m</td> <td>9.25m</td> <td>16.25m</td> <td>19.5m</td> </tr> </tbody> </table>				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
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										
再生路盤材の比重	突き固め比重として2.0t/m <sup>3</sup> を用いた													

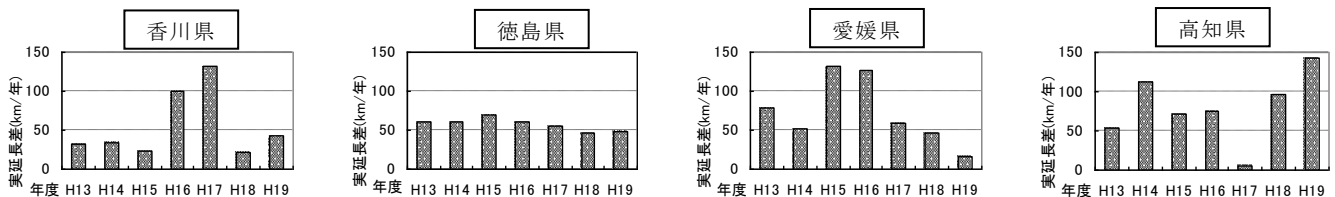


図 25 道路実延長の前年度との延長差

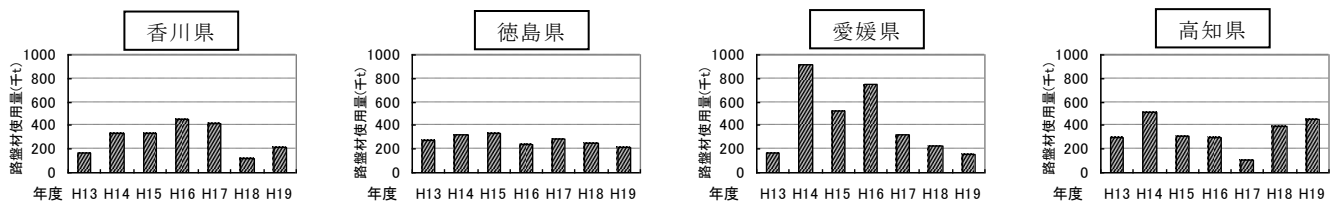


図 26 道路路盤材使用量

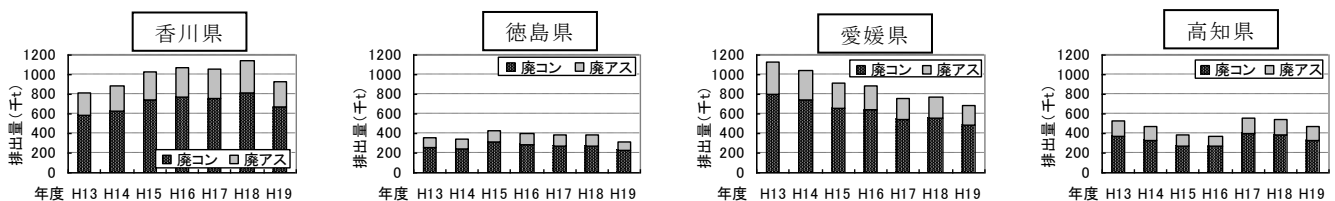


図 27 がれき類排出量

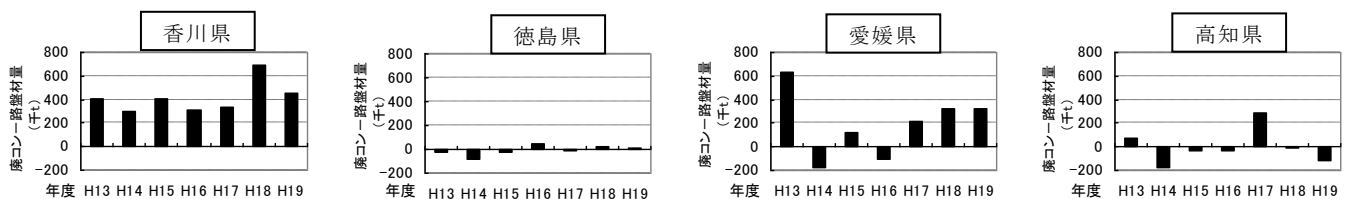


図 28 廃コン排出量と道路路盤材使用量の差

(3) 四国の廃コンクリートフローの現状における環境負荷シミュレーション

本研究ではecoMA<sup>3)</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なった。本シミュレーションのプログラムフローを図 29に示す。廃コンクリート排出量(図 27)及び再生路盤材使用量(図 26)を年度別にシミュレーションに反映させ、現状におけるCO<sub>2</sub>排出量の算出を行なった。廃コンクリート排出量における再生路盤材使用量と最終処分量の割合を図 30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。その他の前提条件については、中間処理場の受入キャパシティはアンケート結果より各事業所の廃コンクリート年間受入量を用い、最終処分場の受け入れキャパシティはアン

ケート結果より各事業所の受入残余容量に突き固め比重2.0t/m<sup>3</sup>を乗じ算出した。なお、データが得られなかった事業所については、データが得られた事業所のデータの間中値を用いた。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、最終処分場はそれぞれ1) (2)及び1) (3)より算出した県別の平均値を用い、徳島県の最終処分場はデータが得られていないため香川県、愛媛県、高知県の平均値である18.39kg-CO<sub>2</sub>/t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0.174kg-CO<sub>2</sub>/t・km<sup>8</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。廃コンクリート排出量は人口密度に比例するものとした<sup>9)</sup>。

各県のシミュレーション結果を図 31に示す。香川県は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。徳島県は平成15年度と平成16年度について比較すると、平成16年度は平成15年度と比べ廃コンクリート排出量が少ないが、CO<sub>2</sub>排出量は大きくなっている。これは、最終処分場のCO<sub>2</sub>排出原単位が中間処理場のCO<sub>2</sub>排出原単位に比べ約2倍となっているためである。愛媛県及び高知県も徳島県と同様に最終処分場のCO<sub>2</sub>排出原単位が大きいため、最終処分量が多い年度ではCO<sub>2</sub>排出量が増大する傾向にある。

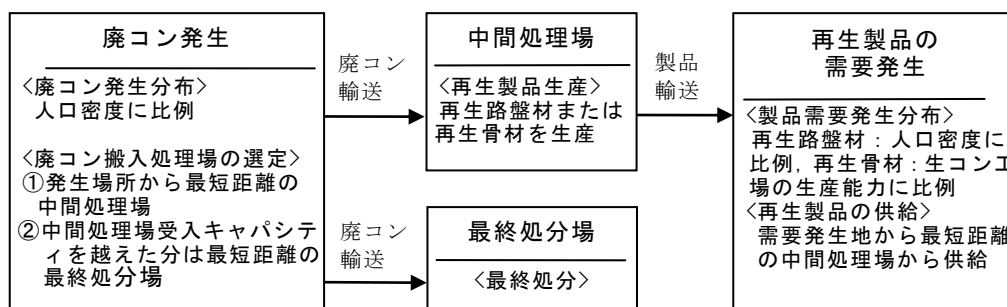


図 29 シミュレーションのプログラムフロー

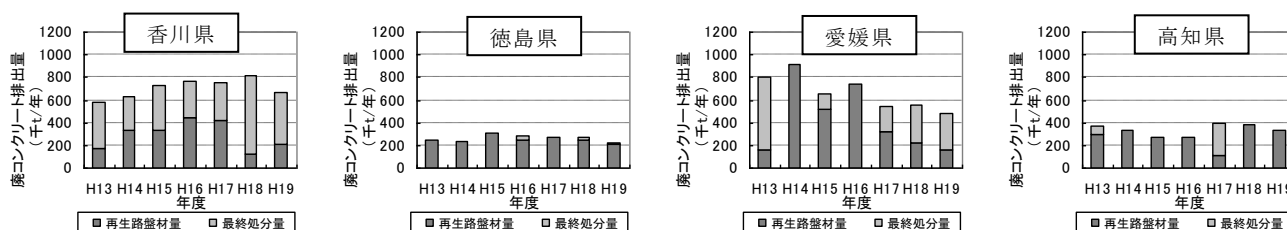


図 30 再生路盤材量及び最終処分量の仮定量

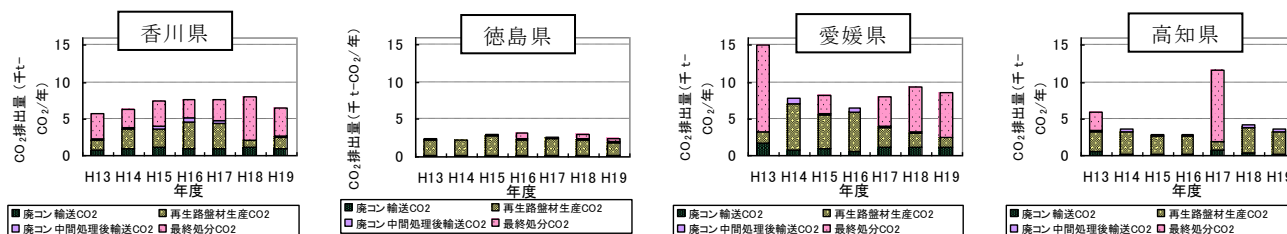


図 31 現状の廃コンクリートフローにおけるCO<sub>2</sub>排出量

(4) 香川県を対象とした廃コンクリートの将来予測

1) 廃コンクリート排出量の推定



## a) 廃コンクリート排出量の算出フロー

廃コンクリート排出量の将来予測は、萩島ら<sup>10)</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 32に示す。

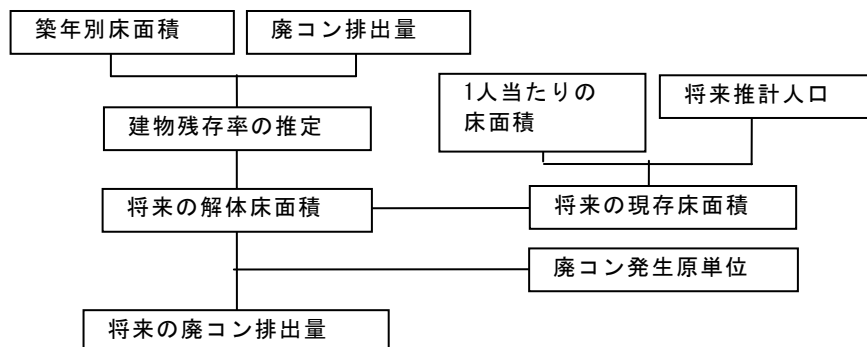


図 32 廃コンクリート将来予測算出フロー

## b) 建物残存率の推定

「固定資産の価格等の概要調書<sup>11)</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(図 16)<sup>12)</sup>を乗じて算出する。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、解体床面積の構造別割合が不明であるので、それを現存床面積の構造別割合と同じであると仮定し、2007年～2009年の現存床面積<sup>13)</sup>の構造別割合の平均値を用い、構造別解体床面積を推定した。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>5)</sup>の誤差の二乗が最小となる  $\mu$  及び  $\sigma$  を求めた。その際、統計データによる総廃コンクリート排出量<sup>5)</sup>は既知であるが、木造及び非木造から発生する廃コンクリート排出量が不明である。そこで、解体床面積の構造別割合に廃コンクリート発生原単位<sup>12)</sup>を乗じ、それらを廃コンクリート排出量の比と考え、総廃コンクリート排出量からそれぞれの廃コ

ンクリート排出量を算定した。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 33に示す。

表 16 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

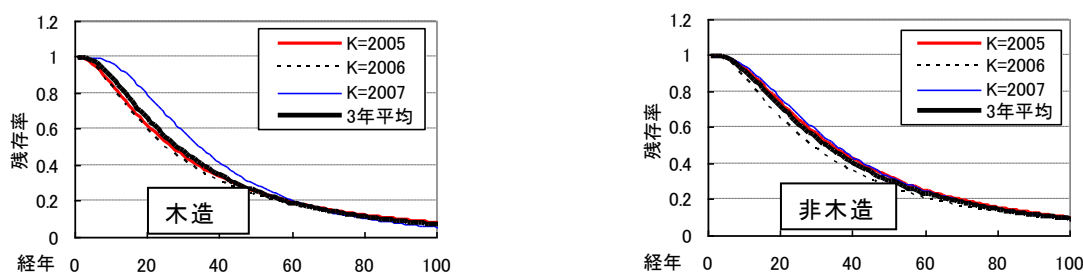


図 33 建物残存率関数

#### c) 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

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

$S(i)$ ： $i$ 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。平成17年度の1人当たり床面積を現存床面積<sup>11)</sup>及び人口統計<sup>13)</sup>により算出したところ、木造が約42.0m<sup>2</sup>、非木造が約35.7m<sup>2</sup>となった。1人当たりの床面積は平成17年度の値で一定になると仮定し、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>14)</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 34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 35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年々減少していき、非木造建物より発生する廃コンクリートは2008年まで増加したあと減少していく。木造と非木造を合計すると、2007年まで増加したあと年々減少していき、2035年は2005年と比べ19.5%廃コンクリート排出量が減少する結果となった。

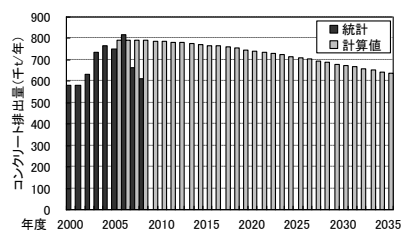


図 34 廃コンクリート排出量予測値と統計値<sup>5)</sup>の比較

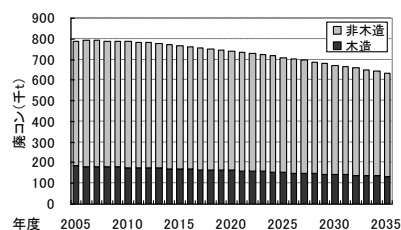


図 35 木造・非木造別廃コンクリート排出量予測値

## 2) 環境負荷シミュレーション

(3)で行なった環境負荷シミュレーションと同様にecoMA<sup>3)</sup>を用い、将来予測に基づいた環境負荷シミュレーションを行なった。その際に、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ナリオを表 17に示す。シナリオ1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2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。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。

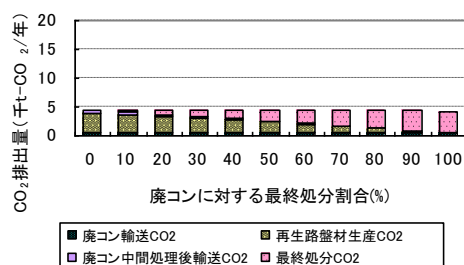
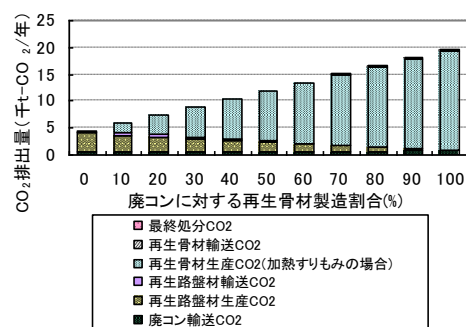
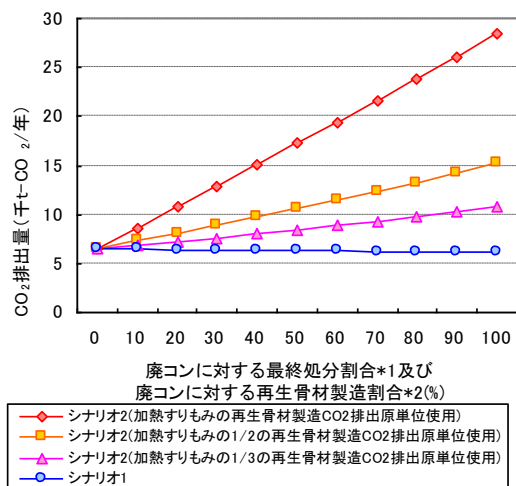
その他の前提条件については、中間処理場の受入キャパシティはアンケート結果より各事業所の廃コンクリート年間受入量を用い、最終処分場の受け入れキャパシティはアンケート結果より各事業所の受入残余容量に突き固め比重2.0t/m<sup>3</sup>を乗じ算出した。なお、データが得られなかった事業所の受入キャパシティはデータが得られた事業所の中間値とした。各事業所の廃コンクリート1t処理あたりのCO<sub>2</sub>排出原単位について、中間処理場、最終処分場はそれぞれ2)及び3)より算出した香川県の平均値を用い、加熱すりもみ再生骨材の製造に伴うCO<sub>2</sub>排出原単位は41.5kg-CO<sub>2</sub>/t<sup>15)</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0.174kg-CO<sub>2</sub>/t・km<sup>8)</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。また、廃コンクリート排出量は人口密度に比例するものとした<sup>9)</sup>。

表 17 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	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により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。なお、廃コン排出量に対する最終処分割合を0%から100%まで10%ごとに変化させ、シミュレーションを行う。
2	再生骨材製造 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により再生路盤材または再生骨材を製造すると仮定し、シミュレーションを行う。なお、廃コン排出量に対する再生骨材製造割合を0%から100%まで10%ごとに変化させ、シミュレーションを行なう。

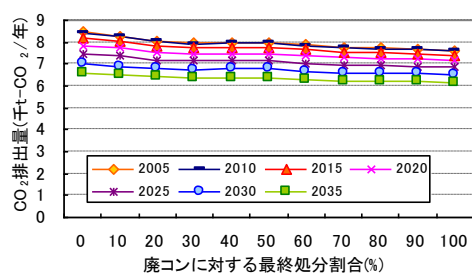
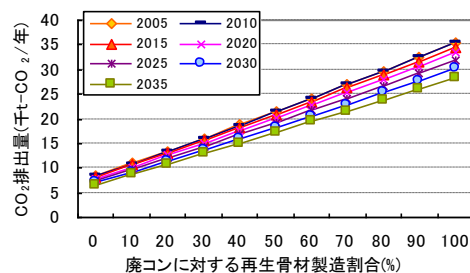
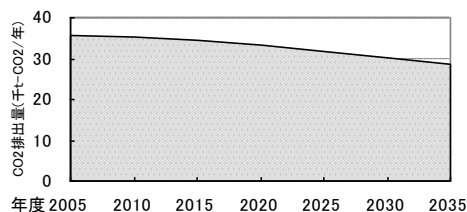
各シナリオのシミュレーション結果を図 36-図 41に示す。図 36より、最終処分量が増加するほどCO<sub>2</sub>排出量は減少している。再生路盤材製造後にはその製品輸送によるCO<sub>2</sub>排出量が発生するが、最終処分後は輸送によるCO<sub>2</sub>排出量が発生しないため、その分CO<sub>2</sub>排出量が減少する結果となった。

図 37は、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>排出量が增大する結果を示す。図 38は、2035年におけるシナリオ1、2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り、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。また、図 22、23にシナリオ1、2による年度別CO<sub>2</sub>排出量を示す。図 22より、最終処分量が増加してもCO<sub>2</sub>排出量の減少量に差はないが、図 23より、再生骨材製造割合が多いほどCO<sub>2</sub>排出量の減少量も大きくなる傾向となった。図 24にシナリオ2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。各シナリオと廃コンクリート排出量に対する最終処分量及び再生骨材製造量によって差はあるが、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2005年と比べて約19.7%～22.8%減少する結果となった。

図 36 シナリオ1によるCO<sub>2</sub>排出量 (2035年)図 37 シナリオ2によるCO<sub>2</sub>排出量 (2035年)

\*1: シナリオ1の場合、\*2: シナリオ2の場合

図 38 シナリオ1、2のCO<sub>2</sub>排出量の比較 (2035年)

図 39 シナリオ1による年度別CO<sub>2</sub>排出量図 40 シナリオ2による年度別CO<sub>2</sub>排出量図 41 シナリオ2によるCO<sub>2</sub>排出量の経年変化(廃コンに対する再生骨材製造割合100%の場合)

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

- 1) 四国の廃コンクリート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、中間処理場は香川県7.95kg-CO<sub>2</sub>/t、徳島県8.41kg-CO<sub>2</sub>/t、愛媛県8.57kg-CO<sub>2</sub>/t、高知県9.09kg-CO<sub>2</sub>/tとなり、各県同程度のCO<sub>2</sub>排出量となった。最終処分場は香川県8.38kg-CO<sub>2</sub>/t、愛媛県18.48kg-CO<sub>2</sub>/t、高知県33.21kg-CO<sub>2</sub>/tとなり、各県大きな差がみられた。なお、最終処分場のデータ回収数が少なく、徳島県の最終処分場データが得られていないため、今後更なるデータの回収と詳細な分析が必要である。
- 2) 現状を反映させた環境負荷シミュレーションでは、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香川県では、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た。一方、中間処理場と最終処分場のCO<sub>2</sub>排出原単位の差が大きい徳島県、愛媛県、高知県では、最終処分量が多い年度においてCO<sub>2</sub>排出量が増大する傾向にある。
- 3) 香川県の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、2035年は2005年と比べ19.5%減少する結果となった。
- 4) 香川県を対象とした将来予測による環境負荷シミュレーションでは再生骨材製造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。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。また、香川県の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2005年と比べて約19.7%~22.8%減少する結果となった。

表 18 政策整理データテーブル

データ名称	出典・調査方法	数値(単位)	調査年	備考
香川県中間処理場CO <sub>2</sub> 排	香川県中間処理場にアンケート 16/55件データ回収	7.95kg-CO <sub>2</sub> /t	2010	

出原単位				
徳島県中間処理場CO <sub>2</sub> 排出原単位	徳島県中間処理場にアンケート11/50件データ回収	8.41kg-CO <sub>2</sub> /t	2010	
愛媛県中間処理場CO <sub>2</sub> 排出原単位	愛媛県中間処理場にアンケート19/129件データ回収	8.57kg-CO <sub>2</sub> /t	2010	
高知県中間処理場CO <sub>2</sub> 排出原単位	高知県中間処理場にアンケート14/76件データ回収	9.09kg-CO <sub>2</sub> /t	2010	
香川県最終処分場CO <sub>2</sub> 排出原単位	香川県最終処分場にアンケート3/15件データ回収	8.38kg-CO <sub>2</sub> /t	2010	
愛媛県最終処分場CO <sub>2</sub> 排出原単位	愛媛県最終処分場にアンケート4/37件データ回収	18.48kg-CO <sub>2</sub> /t	2010	
高知県最終処分場CO <sub>2</sub> 排出原単位	高知県最終処分場にアンケート2/9件データ回収	33.21kg-CO <sub>2</sub> /t	2010	

## (2) 環境政策への貢献

本研究により、四国のコンクリート系廃棄物のCO<sub>2</sub>排出の現状とその需給関係における問題について把握することができた。また、香川県については廃コンクリートの将来予測も行なった。これらの結果は、廃コンクリートに関わる将来の地球環境施策立案の参考になると考える。

## 6. 引用文献

- 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) 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
- 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) 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（香川県がれき類排出量）
- 6) 環境省：（徳島県, 愛媛県, 高知県がれき類排出量）, 2007
- 7) 国土交通省道路局企画課編：道路統計年報, 2002-2008
- 8) 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>
- 9) 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

- 10) 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
- 11) 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
- 12) 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
- 13) 総務省：固定資産の価格等の概要調書，平成19年度版～平成21年度版
- 14) 総務省：平成12年及び17年国勢調査
- 15) 国立社会保障・人口問題研究所：都道府県別将来推計人口，2009
- 16) 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

## 7. 国際共同研究等の状況

なし

## 8. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) 竹田真梨子・北垣亮馬・堺孝司：香川県におけるコンクリート系廃棄物フローとその環境負荷低減に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 31，No. 1，pp. 1903-1908，2009. 7
- 2) 竹田真梨子・北垣亮馬・堺孝司・河村景史：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

<査読付論文に準ずる成果発表>（社会科学系の課題のみ記載可）

- 1) 竹田真梨子・北垣亮馬・堺孝司：香川県の廃棄物フローと中間処理場の集約化による廃コンクリート起源の広域的環境負荷の削減に関する研究，環境時代におけるコンクリートイノベーション論文集，コンクリート構造物の環境性能に関する研究委員会，日本コンクリート工学協会，pp. 31-36，2008. 8.

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 河村景史・竹田真梨子・堺孝司：四国におけるコンクリート系廃棄物フローとその環境負荷評価に関する研究、土木学会四国支部第16回技術研究発表会、徳島大学三島キャンパス、2010. 5. 15

### (2) 口頭発表（学会等）

なし

### (3) 出願特許

なし

### (4) シンポジウム，セミナーの開催（主催のもの）

なし

### (5) マスコミ等への公表・報道等

なし

### (6) その他

なし