

課題名	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
課題代表者名	野口 貴文（東京大学大学院工学系研究科 建築学専攻 建築材料研究室）
研究実施期間	平成20～22年度
累計予算額	50,669千円（うち22年度 14,477千円）予算額は、間接経費を含む。
研究体制	<p>研究体制</p> <p>(1) 環境政策検討シミュレーターの開発 （東京大学）</p> <p>(2) シミュレーション試行のための大都市圏でのデータ収集・実態調査（東京圏） （東京理科大学）</p> <p>(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）</p> <p>(4) 環境政策の検討と導入効果の評価（大都市圏） （東京大学）</p> <p>(5) 環境政策の検討と導入効果の評価（地方圏） （広島大学）</p> <p>(6) 環境政策の検討と導入効果の評価（全国レベル） （国土交通省国土技術政策総合研究所）</p>
研究概要	<p>1. はじめに</p> <p>建設産業・コンクリート産業が生み出すコンクリート構造物やコンクリート製品は、交通、水道、建築物、ダムなど生活の利便性を追究し、地震、洪水に対する安全性を確保するインフラとして、人類社会を維持する上できわめて重要な役割を果たしているために、原材料の1つであるセメントは、全世界で水に次いでもっとも大きな資源消費を占めている。これに加えて、セメントは炭酸カルシウムを多量に含んだ石灰鉱物を高温で加熱することによって製造されるために二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出インパクトが非常に大きく、世界総排出量の約5%を占めている(IPCC 1996)。また、セメントだけでなく全世界のCO<sub>2</sub>排出量に占める建設産業の割合で見ると、セメント生産（世界総排出量の4.9%）、鉄鋼生産（4.1%）となっており（100-year global warming potentials (IPCC 1996)より作成）、建設活動に起因するCO<sub>2</sub>排出量は決して少なくない。我が国についてみても、セメント生産（CO<sub>2</sub>国内排出量の2.4%）、鉄鋼生産（11.8%×建設用途約30%）、レンガ・タイルなどの窯業材生産（2.7%）など多岐にわたり、さらに建設作業（0.9%）、輸送のCO<sub>2</sub>排出量を総和すると、国内総排出量の10%以上を占めるものと推定される。（日本国温室効果ガスインベントリ報告書より計算）</p> <p>このような状況の中、我が国では様々な温暖化ガス削減を目指した環境政策がとられているが、建設部門においては、都市部と地方の環境政策導入効果の違いが現れ、逆効果になっている地域があることが報告されている。例えば、地方においてはグリーン調達によって、在庫以上のリサイクル材需要がおこったために、遠距離輸送をしてでもリサイクル材の調達を行い、結果として調達プロセスにおけるCO<sub>2</sub>排出量を増加させた上で、既存のバージン材マーケットの急激な縮退を招いた事例などがある。したがって、建設需要、地域の立地および経済構造によって、最適なCO<sub>2</sub>削減政策があると考えられるが、本研究では、それは何かを検討するため、環境政策の効果を評価できるシミュレータを開発し、それによって、地域特性と環境政策導入効果の関係性を明らかにする。</p> <p>2. 研究目的</p> <p>本研究では現状・将来の地域的社会特性（商習慣、産業構造、人口など）および実構造物の実態（位置、築年数、将来計画など）を基盤データとした上で環境パフォーマンスを評価できる環境政策検討シミュレータを開発し、全国、都市圏、地方圏で導入可能な環境政策とその効果を把握し、最終的に、導入効果の高い環境政策として提案することを達成目標とする。</p> <p>(1) 環境政策検討シミュレータの開発</p>

環境政策の導入評価を可能にするために資源循環シミュレーターを開発し、この中に、環境政策を検討できる機能を盛り込み開発する。

(2) シミュレーション試行のための大都市圏でのデータ収集・実態調査（関東圏）

試行対象都市として、大都市圏調査・東京を選定し、現地建設関連産業および行政に対して実態調査を行い、環境データベースとして取りまとめる。

(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）

試行対象都市として、地方圏調査・四国を選定し、現地建設関連産業および行政に対して実態調査を行い、環境データベースとして取りまとめる。

(4) 環境政策の検討と導入効果の評価（大都市圏）

環境政策の有効性についてシミュレーターを用いて定量的に検討し、大都市圏にマッチする具体的な環境政策とその導入効果の提案を行う。

(5) 環境政策の検討と導入効果の評価（地方圏）

環境政策の有効性についてシミュレーターを用いて定量的に検討し、地方圏にマッチする具体的な環境政策とその導入効果の提案を行う。

(6) 環境政策の検討と導入効果の評価（全国レベル）

環境政策の有効性についてシミュレーターを用いて定量的に検討し、全国レベルの政策としてマッチする具体的な環境政策とその導入効果の提案を行う。

### 3. 研究の方法

(1) 環境政策検討シミュレーターの開発

環境政策の導入効果を検証可能な資源循環シミュレーターecoMAの開発を行う。課税、補助金などの基本的な経済政策を実現する拡張開発（課税/補助金イベント実装）および、これに伴うインターフェイスの開発を行う。研究背景でも述べたように、広域かつ公共的に実施される社会資本整備においては、単に1つ1つの資材の環境負荷原単位や廃棄物量に注目するだけでなく、建設物の長寿命化、広域レベルで見た資材調達、廃棄物回収、発注工場の最適検討など、様々な観点から、環境負荷を削減できる行政活動全般を採用し、環境負荷を低減させていく必要がある。中間評価までは、工場の集約化や、生コンクリートの発注先の範囲限定など、環境負荷削減をめざした社会学的、広域的な行政計画の導入効果を中心に評価、検証を重ねてきた。平成22年度では、これらの知見を結集し、さまざまな環境政策を導入した関東一円を想定したシミュレーションを行う。

(2) シミュレーション試行のための大都市圏でのデータ収集・実態調査（関東圏）

関東圏を中心としたコンクリート関連産業の環境負荷排出量を把握し、その地域特性について明らかにすることを目的とする。これには、著者らが開発中の資源循環シミュレーションシステムを用い、産業の実態をできる限り忠実に再現し、実社会のマテリアルフローを模擬して正確で精緻な評価とする。さらに、将来の建設需要・解体量を推計し、2010年から2050年にわたる環境負荷排出量の上限值、下限値を示す。

(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）

四国にてコンクリート系廃棄物、骨材、セメント、コンクリート二次製品について委員会を組織し地域業界の同意にもとづきアンケート調査を行い、CO<sub>2</sub>排出量に関する現況調査および、コンクリート系廃棄物のフロー上の問題や発生要因について分析を行う。

また、中間処理場、再生骨材利用促進を目的としたシナリオを設定し、ecoMAを用いてシミュレーションを行い、再生骨材の導入障壁になっている要因分析を行う。現時点では、中間評価までの研究成果から、現状の生産状況が最もCO<sub>2</sub>排出量が小さく、処理規模による消費エネルギーの効率化がない限り、集約化によるCO<sub>2</sub>削減効果はないことと、廃コンクリート再生製品の需要低下が起こった場合のCO<sub>2</sub>排出量の削減のためには、高品質再生骨材・低品質再生骨材を製造することが、最終処分するより優位になる可能性があり、これは都市圏と地方圏で有効な環境政策は違うことを示唆している。このような地域性について考慮しながら四国圏の調査と環境政策の検討を進めていく。

(4) 環境政策の検討と導入効果の評価（大都市圏）

中間評価までに、大都市圏における建設業へ適用可能な環境政策とその効用を検討するために、ヒアリング、データ収集を行った上で、廃コンクリート塊の排出分布および中間処理場の規模・分布・取引をモデル化することによって、各地域で廃コンクリート塊の輸送も含めた中間処理によって広域的に排出されるCO<sub>2</sub>排出量を評価し、集約する処理施設の立地条件を盛り込むことが重要であることを明らかにした。そこで、これらの知見を駆使して、広域的な経済便益と環境便益のトレー

ドオフ、最適な環境政策を検討するため、(1)の開発を待って、これまで一般のライフサイクルアセスメント(LCA)ソフトで同じレベルのCO<sub>2</sub>削減効果と言われている廃棄物由来の競合製品(コンクリート用混和材など)がマーケットで大量かつ広域に調達された場合のCO<sub>2</sub>削減効果についての評価を行う。

#### (5) 環境政策の検討と導入効果の評価(地方圏)

地方圏における建設業へ適用可能な環境政策とその効用を検討するために、道路維持保全と生産設備の環境負荷の削減ポテンシャルの2項目について検討する。都市再開発が未だにつづいている大都市圏と違い、地方圏では、新規の社会整備事業が限定的になりつつあり、むしろ既存の道路や建設物の維持保全に加えて、生産量が少なく設備投資する余裕がない地方の建設関連機器は、CO<sub>2</sub>排出原単位に基づくCO<sub>2</sub>排出量と実データに基づくCO<sub>2</sub>排出量が正確に一致せず、むしろ極めて小さい場合が多い。そこで第一に、道路の維持保全に関わる点検機械等のインベントリデータを整備し、低減手法について検討する。次に、生産設備の中長期的な消費電力モニタリングによって、工場の稼働状況に依存したエネルギー消費性状を定量的に把握する。

#### (6) 環境政策の検討と導入効果の評価(全国レベル)

全国レベルで建設業へ適用可能な環境政策とその効用を検討するために必要なことは、環境政策がどれほど奏功しているか、あるいは現在どの業界のどの部門のCO<sub>2</sub>排出量に問題があるのかをマクロに知ることである。このために、産業界全体を見通した上で、特定の業界に目をむける道具が必要になってくる。そこで、国家的観点から、環境政策の検討と導入効果の評価をする道具立てを検討するために、現在、各サブテーマ分担機関で実施されているマクロ、ミクロな実態調査、ecoMAによるシミュレーション結果にもとづいて算出されるCO<sub>2</sub>原単位と、国土技術政策総合研究所(国総研)にてこれまで行ってきた産業連関表による原単位算出の方式について、両者の利点を組み合わせて、より精緻で利用性の高い環境負荷原単位の統合方法を構築することを念頭におき、建材の種類別のCO<sub>2</sub>排出原単位を算出する方法を確立する。

### 4. 結果及び考察

(1) シミュレーター上で、種々の環境政策を導入し、これまでの製品の評価を中心としたCO<sub>2</sub>評価ツールとは違い、広域的な調達を想定した評価を行うことで、混和材を中心とする建設材料のCO<sub>2</sub>排出量原単位の精度を向上させた。

(2) 関東近圏のコンクリート産業の環境負荷排出実態について調査し、規模性および地域性の検証を行った結果、例えば北海道などと比して、規模や生産状況に隔たりがあることが明らかになるとともに、生産規模に応じてCO<sub>2</sub>排出原単位が異なることが明らかになった。特に、CO<sub>2</sub>排出原単位は生産規模への依存性を有しており、北海道の工場は総じて操業規模が小さいことから、製造機器の性能や生産効率が悪く、事業所の運営や場内輸送等によるCO<sub>2</sub>発生量の全発生量に占める割合が大規模な工場に比べて大きくなることなどにより、CO<sub>2</sub>排出原単位が大きくなったものとする。また、コンクリート関連産業を対象として、2010年から2050年にかけての首都圏および北海道の環境負荷評価を行った。その結果、CO<sub>2</sub>排出量に関して地域特性による差異が確認された。また、シナリオによる今後のCO<sub>2</sub>排出量の上限值、下限値を示した。

(3) 地域内委員会を組織し地域業界の同意にもとづきアンケート調査を行い、四国全体について、CO<sub>2</sub>排出量に関する環境負荷排出原単位の算出、および、コンクリート系廃棄物のフロー上の問題や発生要因について分析を行った。また、再生骨材導入やその他の環境政策導入にともなうCO<sub>2</sub>の削減の経時変化をecoMAを用いて実施した。これによると、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。最終処分量は減少させることができるが、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こと、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20%程度減少することが明らかにされた。

(4) これまでは、ほとんど同じCO<sub>2</sub>削減効果であると考えられてきた高炉スラグ微粉末とフライアッシュのセメント代替利用によるCO<sub>2</sub>削減効果が、環境政策によってこれらを広域的に利用した場合には、大きく異なることを明らかにした。これによると、フライアッシュを混和材利用すると全国の火力発電所のフライアッシュ排出量は高炉スラグに比べて細分化されているために、全国の調達が増えると、各地域の火力発電所から長距離の調達が必要になるため、これまでのLCA評価ツールで出ていたほどのCO<sub>2</sub>削減量が見込めない一方で、高炉スラグ微粉末に関しては、これまでと関連したCO<sub>2</sub>削減量が見込めることが明らかにされた。

(5) 地方圏では、新規の社会整備事業が限定的になりつつあり、むしろ既存の道路や建設物の維持保全に加えて、生産量が少なく設備投資する余裕がない地方の建設関連機器の老朽化対策に関するコストと環境負荷削減に対するニーズが高い。このため、単発的ではなく、長期的なメンテナンスポリシーに基づき、低CO2排出量の維持補修工事を長期的に継続させることで、道路工事においてCO2削減が可能なが明らかになった。また、生コンクリート工場のCO2排出原単位は、稼働率が低いほど大きくなるため、工場単位で見ると、発注時間を集約化させたり、発注日を集約させるなどの方法によって下がる事が明らかになった。

(6) 国家的観点から、環境政策の検討と導入効果の評価をする道具立てを検討するために、既存の実態調査、シミュレーション結果にもとづいて算出されるCO2排出原単位と、国総研にてこれまで行ってきた産業連関表による原単位算出の方式について、両者の利点を組み合わせ、より精緻で利用性の高い環境負荷原単位の統合方法を構築し、建材単位でCO2排出原単位が算出可能な手法を考案した。

以上の考察から、研究プロジェクト全体を通じて、相互に情報交換、情報共有しながら研究を進めつつ、最終的な考察として、下記のとおり、建設部門においてCO2削減のための環境政策とは何かという提言が得られた。

(1) 環境政策の導入効果には地域性が反映され、同じ環境政策でも、効果を発揮する地域と、それとは逆に悪影響をおよぼす地域がでてくる可能性がある。つまり、地方ごとに最適な環境政策が全く異なる可能性がある。特にマーケットの集積性、分散性を考慮しないと環境政策導入効果が現れない地域があるため、国家レベルで立ち上げる基本方針と同時に、それをもとに地域ごとに検討できる余白を残す必要がある。

例えば、現在の建設産業、社会資本整備において、CO2削減には地域に応じた低炭素な資材選定が必要である。この際、全国一律の低炭素資材の指定ではなく、地域レベル（地方管区レベル）での低炭素資材選定を促すことが必要。特に、都市部と地方部では最適な資材が全く違う可能性があり環境政策において地方判断の余地を残すことが重要である。

(2) 廃コンクリート塊の再利用に伴う問題は、中継ヤード、最終処分場、中間処理場の個数によって最適な低炭素化方法が異なる可能性があるが、中継ヤード数はある程度多いほうがよく、中間処理場数は少なくても良い。ただし、これは再利用先である道路路盤材需要に大きく依存し、需要が少ない場合、CO2の問題に加えて廃棄物の膨大化の問題になる。CO2削減のためにも、最終処分量削減のためにも、結果的に廃コンクリート塊の路盤材に頼らない新しい再利用促進検討が必要である。しかしながら、再生骨材利用技術は現時点で、高いCO2排出原単位があり、一層の技術開発が求められる。逆にこれをしないと最終処分量が増えることにより、最終処分場が逼迫し、処分コストが再生骨材製造コストレベルにまで上がる可能性もある。

(3) メンテナンス、新規製造などあらゆる局面において、長期的かつ集約的に同じ低炭素技術を継続的に利用する政策を導入することが極めて重要である。逆に単発に低炭素技術を利用してもあまり効果が発揮されずコストばかりかかって損である。例えば、道路の維持管理では、ある短区間のみ低炭素技術を用いてメンテナンスしても、CO2削減効果は小さいし、効率化は見込まれない。逆に長区間、長期的に同じ低炭素技術を利用することによって、コストダウンと同時に効率化が図られるため、CO2排出削減効果があらわれる。技術を評価し、継続的に使うことが求められる。また、現時点の建設製造業務（生コン、建材製造など）の工場の生産規模は20～30年前のピーク時を想定しているため、稼働時間が分散、断絶化しやすく、これによってCO2排出原単位が余計に増えている。このような問題も現在の我が国の生産規模にあわせて、発注を集中させたり、工場を集約化させたりすることで大幅な削減効果が見込める潜在性が明らかになった。

(4) 既存の設備を有効活用することが重要である。例えば、一般にマルチモーダルシフトは積み替えコストが最も大きな影響を占めるが、積み替えコストが障壁にならない環境政策を敷いたと仮定すると、社会資本整備においてマルチモーダルシフトはCO2削減に関して、一定の効果がある。ただし、資材の製品CO2排出量が大きい物だとその影響は相対的に小さくなるのでまとめ輸送などの有効活用が極めて重要である。

以上のことから、(1) 地域で柔軟に選択肢が変更可能な環境資材優先政策、(2) 再生骨材製造技術の一層の強化と最終処分物削減技術の必要性、(3) 既存の製造工場、使用技術の低炭素化にとって重要なのは、使用時間および使用箇所の集約化、長期的運用の促進政策(4) コスト障壁が

あつてうまく利用されていない既存設備の有効活用により、CO<sub>2</sub>排出量は個別のセクターでそれぞれ20%程度削減効果があると報告されていることから、これらの政策導入を実現すれば、社会資本整備は20%程度の大幅なCO<sub>2</sub>削減が見込めると考えられる。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

- 1) これまで得られなかった広域調達を想定した各資材のCO<sub>2</sub>排出原単位の産出を実現した。
- 2) 社会資本整備のおもだった環境負荷原単位を実データで網羅的に算出した。
- 3) 産業連関表をベースとして、各種建材レベルの環境負荷原単位を算出できる計算手法を確立した。
- 4) 環境政策を導入し、その効果を明示的に検証可能なシミュレーターを開発した。
- 5) 生コンクリート工場を中心にして、製造工場の規模の経済と集積の経済のメカニズムを消費電力の長期的計測により定量的に明らかにした。
- 6) 道路の維持管理に関して、長期的かつ集約的に低炭素技術を利用することが規模の経済のメカニズムを発揮しCO<sub>2</sub>削減につながることを明らかにした。
- 7) モーダルシフトによって建設資材の輸送部門においてCO<sub>2</sub>削減効果が見込めることを明らかにした。

### (2) 環境政策への貢献

本研究では、今後の地球環境政策への貢献を永続的に進めるために、実社会に対する情報発信、社会的な取り組みを進めてきた。これらの地球環境政策への貢献は社会的にも強いインパクトとなる流れを生み出しつつある。

- ・日本コンクリート工学協会(JCI)において学術委員会の1つとして環境委員会を設立し、本プロジェクトの全機関がここに委員として参加している。コンクリート産業だけでなく、ゼネコン、廃棄物処分業者、副産物販売業者など、関連するほとんどの産業のエンジニア、有力者を集めてデータ収集、全国実態調査、環境政策検討の文献調査を進めている。この委員会は本研究と連動して活動しており、本プロジェクト終了後の現在は、サステナビリティ委員会として、継続している。日本コンクリート工学協会のコンクリート業界、建設業界に広く影響力があるため、日本の建設産業全体にまで影響力のある活動として認知されつつあり、環境政策に対する影響力は大きいと考える。

- ・コンクリートの環境性能ISO (ISO/TC71) の委員長は、サブテーマ(3)の堺教授であり、本プロジェクトの活動と並行して、この国際規格が日本主導によって定められつつある。現実に堺教授の本プロジェクトで得られた知見が反映されており環境政策に対する国際的貢献も大きいと考える。

- ・fib(欧州コンクリート協会連合)の環境委員会の委員長は、サブテーマ(3)の堺教授であり、また事務局長は、野口准教授である。JCI、ISOと同じように本研究の取り組みを通じて欧州においても発言権を強めており、環境政策に対する国際的貢献も大きいと考える。また、本プロジェクトを通じて、地域に応じた産学連携の委員会を設立し、データ収集、意見交換と同時に、各地域の建設業界の環境政策に対する認知教育、環境に対する意識の向上などに勤める草の根の取り組みもあわせて行っており、こういった地域レベルでの地球環境政策への貢献も積極的に取り組んでいる。

また、国際的な報道として、全米最大のコンクリート・建設系雑誌「concrete international」に2009年2月号にecoMAの開発の報道が掲載されるなど国際的評価も高い。

平成23年以降、これらの取り組みとともに報道機関へ強いアピールができるような研究成果、活動をあわせて行っていきたい。我々のグループとしては、このような社会的な取り組みは決して無駄ではなく、むしろ大きな波及効果を上げつつあると考えている。

地球環境政策への貢献を研究的観点から言うと、基礎的ではあるが各業界がどのように推移すればCO<sub>2</sub>を削減できるかを、ecoMAを用いて検証、評価できるまでに達することができた。このような業界全体の低減までをも包括的に行える環境負荷評価ツールはほかになく、今後、研究成果を各種業界に提言したり、論文発表することで、関係業界にとっては、地球環境保全への貢献のための運用方針決定の一助となっているものと考えられる。また、産学連携のコンソーシアムを組織することで研究成果の社会的な適用や認知度が高まり、地域や我が国における環境政策への貢献になるだけでなく、データの整備についてもより円滑に進められ環境リテラシー向上にもつながると確信する。

今後はこの動きを相乗的に活用しながら研究成果を実社会に適用することのできる可能性につ

いて検証していきたい。

## 6. 研究者略歴

課題代表者：野口 貴文

1961年生まれ、東京大学工学部卒業、工学博士、  
現在、東京大学大学院工学系研究科建築学専攻准教授

研究参画者

(1)：野口 貴文 (同上)

(2)：兼松 学

1972年生まれ、東京大学工学部卒業、現在、東京理科大学理工学部准教授

(3)：堺 孝司

1949年生まれ、北見工業大学卒業、現在、香川大学工学部教授

(4)：野口 貴文 (同上)

(5)：河合研至

1961年生まれ、東京大学工学部卒業、現在、広島大学大学院工学研究科准教授

(6)：曾根 真理

1965年生まれ、東京大学工学部卒業、現在、国土交通省国土技術政策総合研究所道路  
環境研究室主任研究官

## 7. 成果発表状況 (本研究課題に係る論文発表状況。)

### (1) 査読付き論文

2) 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

3) 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

5) 三谷卓磨、北垣亮馬、長井宏憲、野口貴文：道路ネットワークを実装した資源循環シミュレータecoMAによるコンクリート産業のCO<sub>2</sub>排出量の空間的特性評価、日本LCA学会論文集、2011年3月(掲載決定)

6) 岩田彩子、兼松学、野口貴文、長井宏憲、北垣亮馬、藤本郷史：実態調査に基づくコンクリート関連産業のCO<sub>2</sub>排出原単位に及ぼす地域特性・工場規模の影響、日本建築学会技術報告集、No. 32, pp. 43-48, 2010年

7) Ryoma Kitagaki, Takuma Mitani, Hironori Nagai and Takafumi Noguchi: Behavior of sectoral CO<sub>2</sub> emission in concrete industry at the case of replacing ready-mixed concrete demands to precast concrete products, Proceedings of International Conference on Sustainable Urbanization, 2010.12

8) Takuma Mitani, Ryoma Kitagaki, Hironori Nagai and Takafumi Noguchi: Sectorial & spatial analysis of CO<sub>2</sub> emission in concrete industry using resource recycling simulator "ecoma" implementing actual road network, Proceedings of International Conference on Sustainable Urbanization, 2010.12

9) Hideki Yamagishi, Ryoma Kitagaki, Takuma Mitani, Hironori Nagai and Takafumi Noguchi: Resource-flow simulation in concrete-related industries using ecoMA - Environmental evaluation of concrete-related industries including mixture material -, Proceedings of 2nd International Conference on Waste Engineering and Management, 2010.10

9) Ryoma Kitagaki, Takafumi Noguchi, Hironori Nagai, Manabu Kanematsu, Ayako Iwata, Satoshi Fujimoto: Minimization of CO<sub>2</sub> Emission from Concrete Recycling in Major Metropolitan Areas and Regional Areas in Japan by Using ecoMA, Proceedings of 3rd ACF International Conference, Ho Chi Minh, Vietnam, 2008.11

### (2) 査読付論文に準ずる成果発表 (「持続可能な社会・政策研究分野」の課題のみ記載可) 特に記載する事項はない。