

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：12501  
研究種目：基盤研究(C)  
研究期間：2012～2014  
課題番号：24560733  
研究課題名(和文) エネルギー自立型都市の実現化手法の構築

研究課題名(英文) Planning System for Energy Independent City

研究代表者  
村木 美貴 (Muraki, Miki)

千葉大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：00291352

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：エネルギー自立型都市の実現化手法を検討するために、地域の開発需要の将来推計を行った上で、どれだけのエネルギー需要があるのか明らかにし、建物単体としてのエネルギー需要だけを考えるのではなく、周辺も含め、最低限となるCO2排出量を実現化する用途の組み合わせを考えることの重要性、それらにエネルギーシステムを導入することを都市計画条件とすること、使える未利用エネルギーや再生可能エネルギーの導入方法を検討することが大事であることを研究を通して明らかにした。

研究成果の概要(英文)：This paper finally concluded following four points are essential to be a smart and energy-efficiency city.

1) estimation of development potential and energy demand are the fundamental data and we should be considered these numbers; 2) not only energy demand by the building, but area-wide energy demand, and consideration of suitable use based on the energy demand in the area are important; 3) planning condition should be considered to introduce energy system to the area; 4) consideration to introduce un-used energy, such as swear system, and renewable energy are essential.

研究分野：都市計画

キーワード：都市計画 エネルギーシステム 用途コントロール 開発規制

## 1. 研究開始当初の背景

3.11の東日本大震災を受けて、都市づくりの方向性が大きく変化した。我が国では、環境負荷低減の重要性が広く認識されながらも、必ずしも全体合意に至っていなかったが、3.11以降の電力利用の削減要請という「我慢」が企業・市民に求められて以来、特にエネルギーの自立性への関心が高まってきている。

今後の災害に強い都市づくりを考えるにあたり、①地域の中でのエネルギー消費の削減を行い、②エネルギーの創出を実施し、③実現化のためのマネジメントの仕組みを一体的に捉え、④将来のエネルギー自立型都市づくりに向けた政策展開、制度構築を行う必要性がある。①エネルギー消費は、都市活動を支える都市開発と移動を支える交通施策に起因し、両者は、これまでもコンパクトな市街地形成をもたらすCO<sub>2</sub>排出量削減への効果を個別に議論してきたが、土地利用と交通計画の連携、並びに両者とエネルギー消費の削減の連携については、十分な議論がなされていない。②エネルギー創出は、これまでも都市地域での再生可能エネルギーの導入などが議論されてきた。しかし、設備の設置場所(公共用地か、民有地か。設置に伴うインセンティブとして何を用意すべきか)、需要家への配分方法と接続検討(地域エネルギー設備の導管導入と接続義務等)、管理方法(かかる費用とその負担)に大きな課題が残っており、エネルギーの自立性を後押しする制度の検討が求められる。さらに、③実現のためには、連携体制、資金、制度等の整備が求められ、④それらを包括的に管理運営するマネジメントづくり、政策・制度が必要となる。

翻って、諸外国の近年の都市づくりでは、自立して暮らせる都市づくりが目指されている。コンパクトな市街地に公共交通整備を行い、徒歩15分最寄り品取扱い圏構築を目指すオレゴン州ポートランド、敷地内での20%のエネルギー創出と地域冷暖房接続を実現化させ、EVポイントを増加させるロンドン。従来からの厳格な土地利用規制で開発スプロールを防ぎ、コンパクトな市街地整備を実現しながらも、さらに、エネルギー消費の削減とエネルギー創出が土地利用と交通計画の連携で進められている。かかる問題意識から、本研究は、エネルギー自立型都市の実現化手法を明らかにする。

本研究で考える低炭素型都市づくり制度の参考になる諸外国の取り組みに関し、村木は、英米を中心とした都市計画制度研究を幅広く行ってきた(村木(2008)他)。さらに、近年の低炭素型都市づくりの諸制度については、連携研究者である須永と「低炭素型都市づくりのための開発規制(2010)」「コンパクトシティとTOD(2010,11)」について研究を行っており、本研究の参考になる。また、須永はコンサルタントとして交通計画、特に地方行政の総合交通体系とモビリティ・マネジメントの実際に精通しており、これまでの研究、業

務成果を役立てることができる。両者の連携により、エネルギー創出とエネルギー消費を一体的に捉え、エネルギー自立型都市の実現手法を検討することができる。

## 2. 研究の目的

本研究は、エネルギー自立型都市の実現化手法を考えることを目的とする。

本研究で最終的に提示するのは、下記表に代表する、①エネルギー消費の削減実現化のための都市活動(A-1)、移動(A-2)、②エネルギーの創出(A-1)、これらを支える③実現化のためのマネジメントの仕組みである主体(B-1)、法制度(B-2)、資金(B-3)等の関係を明らかにすることである。

## 3. 研究の方法

本研究は、I.国内調査研究とII.海外調査研究による比較調査研究の形式を採る。I.国内調査研究として、①エネルギー消費の削減(開発、移動に関係したエネルギー消費と削減方法の実態・課題調査研究等)、②エネルギーの創出に関わる調査研究(エネルギー創出技術導入実態と課題調査研究等)と、③上記二つのエネルギー消費削減と創出を連携させるエネルギー自立型都市実現化のためのマネジメントの仕組みについて調査・分析し、課題を明らかにする。また、II.海外調査研究でも同様の調査・研究を実施、我が国との比較検討・考察を行うことで、④今後、我が国で実現化すべきエネルギー自立型都市実現手法の構築を導出する。

## 4. 研究成果

### (1) 郊外型都市開発における低炭素型市街地形成

横浜市の郊外部を対象に住宅が中心となる郊外型開発における地域冷暖房の導入可能性について検討を行った。

#### 排出量の特徴

横浜市における2010~2020年までのCO<sub>2</sub>排出増加量を算出した(図1)。町丁目におけるCO<sub>2</sub>排出増加量は、横浜都心、新横浜都心を中心とする都心部では現状維持、もしくは多少の増加傾向にある。対して、緑区、都筑区といった北部方面の郊外部では大幅な増加が予想される地域の存在することが明らかになった。これより、中期目標年次において、家庭部門からのCO<sub>2</sub>排出量の増加は、郊外部において顕著といえる。

実行計画に従いCO<sub>2</sub>排出量削減対策を行う場合、中期目標年次における排出量削減見込みは、約3,854[t-CO<sub>2</sub>]となる。これより、中期目標年次における民生家庭と業務部門のCO<sub>2</sub>排出量削減率(2010年比)は家庭部門で25%、業務部門で6%の削減が見込まれる。しかし、横浜市では中期目標達成のためには、家庭部門で44%、業務部門で24%の削減が必要で、現状の対策によるCO<sub>2</sub>排出量削減見込みに加え、新たに家庭部門で3,011[t-CO<sub>2</sub>]、業務部門で

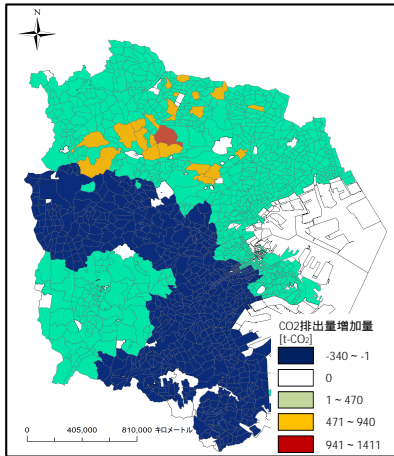


図 1)2010～2020年の町丁目 CO<sub>2</sub> 排出増

19.9[t-CO<sub>2</sub>]の CO<sub>2</sub> 排出量削減が必要と推計できた。

#### DHC 導入の可能性検討

十日市場地区計画エリアにおいて、DHC 導入可能性の検討を行う。

地域冷暖房では導入適地条件である熱負荷密度 4.2[TJ/ha]年以上が満たせる住宅地は少ない。これより、DHC 事業の事業性・環境性を確保するため、対象エリアにおいて、導入適地条件を満たす街区を明らかにし、優先的に DHC への接続を検討する。十日市場地区計画エリアにおける街区ごとの熱需要密度を都市計画基礎調査(平成 15 年)のデータを用い、建物用途別の延床面積を棟ごとに算出し、熱需要消費原単位を乗じて街区ごとの熱需要量に換算し、街区面積で除算することで算出した(図 2)。これより、熱需要の大きな建物が少ない十日市場地区計画エリアにおいても DHC 導入適地条件とされる熱負荷密度 4.2[TJ/ha・年]以上を満たす街区が 9 街区存在すること、また、街区全てを供給対象と考える場合、熱需要密度は 3.56[TJ/ha・年]となることが明らかになった。

次に、十日市場地区計画エリアにおける時刻別熱負荷の変動を見る。現状の建物用途構成では、集合住宅に大きく偏りが見られることから、DHC による最大負荷の低減率が期待できず、熱源容量の削減という地域冷暖房のスケールメリットが十分に発揮できない状況にあることが明らかとなった。

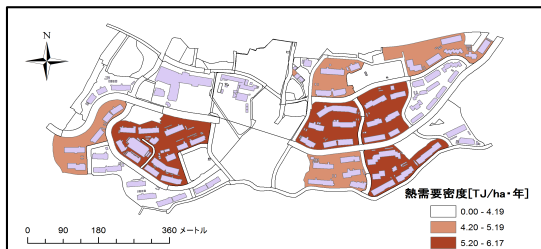


図 2)十日市場地区計画エリアにおける街区別

#### 建物用途コントロール

ではいかなる用途の組み合わせの可能性が高いか検討を行った。

十日市場が位置する緑区の将来延床面積推計を横浜市統計書 2003 年～2013 年の各建物

用途別延床面積を線形近似することで 2020 年における建物用途別延床面積を算出した。区レベルにおいては、各建物用途延床面積の推移が現状維持の場合、2020 年における業務・商業の延床面積が 2010 年比で約 109%となり、増加の傾向が見られる。

次に、十日市場地区計画エリアの土地利用特性より誘導建物用途を決定する。十日市場地区計画エリアから徒歩圏である半径 1km 以内の建物用途と土地利用に着目する。十日市場地区計画エリア周辺地域には、文教施設 19、業務施設 5、医療施設 3 が立地している。十日市場では今後、人口増加傾向が見られることから地域レベルの将来的な需要を考慮すれば、これらの施設の床需要もより高くなると考えられる。そのため、ここでは商業、医療、文京施設を誘導用途と設定した。

建物用途が住宅中心の地域において、建物用途コントロールによる DHC の導入を検討する場合、容積率の割増・供給区域の限定により平均負荷率の向上することが明らかになった。また、建物用途構成比に応じて平均負荷率は大きな振れ幅を持つことから、建物用途コントロールは事業性の観点から有効と考えられる。

シミュレーションの結果、建物用途が住宅中心である地域において、建物用途コントロールによる DHC の導入を検討する場合、CO<sub>2</sub> 排出量抑止の観点からすれば、容積率の割増・供給面積の限定により一定の効果が得られることが明らかになった。また、平均負荷率向上、CO<sub>2</sub> 排出量削減効果から見れば、医療が主要な用途となると言える。

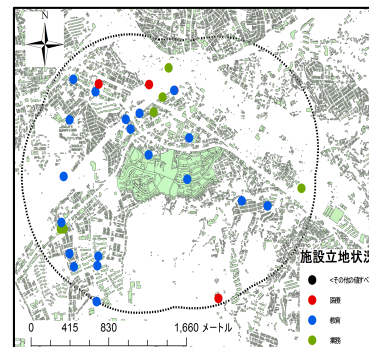


図 3)施設立地状況

註)緑色のエリアが十日市場地区計画エリア

#### (2)英国における CO<sub>2</sub> 排出量削減方法

英国の分散型エネルギーの導入方法について検討を行った。

##### 分散型エネルギー施設整備の必要性

2013 年から開始する CO<sub>2</sub> 排出量削減目標達成の実行計画である Carbon Plan 第二期を見ると、a)低炭素建物、b)低炭素交通、c)低炭素産業、d)低炭素電力、e)農業、森林、廃棄物の 5 つの機軸を出している。そのうち、都市計画との関係の深い a)を見ると、⑦既存建物改修、スマートメーターの導入、ゼロ・カーボン建物の建設などの建物ベースでの取り組みと、①中央政府が地方と協力の上に、特に熱需要の高い都市部を中心

にDHCの積極的導入がある。⑦は②-2建物での対応をより積極的に推進するものと理解できるが、特に①は2020年までに熱導管の延長を行うことが「鍵となる事業」と位置付けられるなど、低炭素型市街地形成でのDHCの持つ意味の大きいことがわかる。ただし、現在のDHCは英国内の全需要の2%しかカバーしておらず、中央政府はこれを14%までに上昇する方針を打ち出しており、それが積極的な方針に表れたものと理解できる。

さらに、エネルギー・気候変動省(DECC)がDHCの事業化には、a)開発事業を通じた熱導管への接続、b)地方自治体による熱導管接続義務化、c)DHC地区の指定と義務の連動を進言している。この点からしても、DHCを市場経済の中で民間の自助努力で推進するのではなく、中央の後押しの上に着実に導入していくこと、都市計画との連動が求められていることがわかる。

以上、英国では温暖化対策の枠組みの上に各種事業が展開していること、それが目標値の達成という形で事業プログラムが組み込まれていること、その中でDHCの積極的な活用が国レベルの方針として出されていることが明らかとなった。

#### DHC事業の形式

事業形式は全部で4つのタイプが見られた。

#### ①公共主導型

3地区で見られた公共主導型は、公共事業として、公共がエネルギーセンターと熱導管を保有する公共主導直接型(①-1)と公共がNPOを設立し、そこがエネルギーセンターと熱導管を保有する公共主導間接型(①-2)の二つが見られた。

#### ②ジョイントベンチャー型(JV型)

利益追求も必要となるが、①公共主導型と異なり民間建物の接続も行うという特徴がある。

#### ③官民連携型

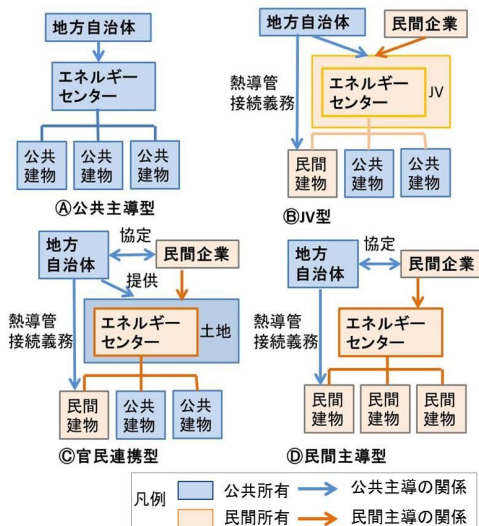


図3 事業形式別の特徴

官民の連携体制を構築、協定を結び、民間事業として進めている。従来公共が熱供給を行っていたものの、事業自体を民間に

譲渡し、さらに事業展開しているケースと、新規にエネルギーセンターと熱導管施設を行うケースが見られる。公共投資がほぼ見られず、全て民間資金で事業を実施している。公共側は、熱導管接続義務などの資金を伴わない支援を行うという特徴がある。

#### ④民間主導型

公共の指導等によって民間が全てエネルギーセンターと熱導管を所有し、公共・民間建物への接続を行うが、③官民連携型同様に公共側の資金を伴わない支援が見られる。

パーミンガムにみる事業推進上の主体間の関係

パーミンガム市は、長期ビジョンとして2025年の排出量削減目標60%を掲げ、その達成のためにDHCの検討をBroad Street、東部の2地区で実施。入札の結果2006年Utilicom(現在のCofely)を選定、この事業推進主体としてBirmingham District Energy Ltd.を設立している。

この事業における連携の特徴は、行政-Cofely間の熱供給協定、熱導管接続義務に加えて、エリアマネジメント組織であるBroad Street BIDの関与がある。

a)計画許可と連動した熱導管ネットワークへの接続義務が民間事業を支援し、結果的に面的なCO<sub>2</sub>排出量削減区域を広げていること、b)計画条件の実現のために、「DHCエリア」で異なる主体間の連携を創らざる負えないことである。DHC事業によるCO<sub>2</sub>排出量削減は、都市計画で出来る熱導管への接続義務を越えて利用者の協力が求められるため、料金の低減が大事な要素となる。つまり、行政、民間、利用者のメリットを最大限に実現する仕組みの構築が必要と言える。

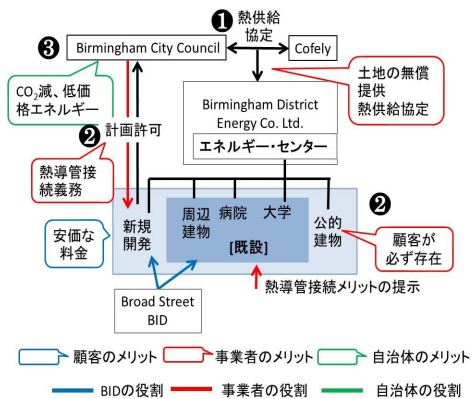


図4 パーミンガムにおける主体間の関係

#### (3)英国における都市再生の官民連携方策

官民連携の形として、特に都市再生に着目し、事業展開の方法を検討した。

広域都市圏レベルにおける官民協議の枠組み

2010年以前には、広域都市圏レベルの経済発展を支える組織としてRDAが存在したが、2010年のPBL(Public Bodies Bill)法に基づ

き RDA の廃止が決定されるとともに、BUDGET 2010(英国大蔵省)において、LEP の設立を可能とする旨が示された。LEP は、行政の財政健全化、ビジネス支援と経済成長を支援する環境づくりを目的として設立されている。RDA と LEP のもっとも大きな違いは、a)RDA がイングランドの広域都市圏区分に基づく 9 つのエリアごとに設立されたのに対して、LEP はサブ・リージョンとも言うべき、経済上影響を受ける圏域を対象としていること、b)RDA が NDPB として国の補助金配分と地方のマーケティングを中心とした役割を果たしたのに対して、LEP が市長または議員と民間の代表により構成される組織であり、運営資金を自ら獲得することが求められること、c)LEP の役割を高めるため、地域間連携と民間との連携が必須となる仕組みが存在することである。これより、民間企業が参加する LEP が RDA の対象範囲より細分化された広域都市圏の開発政策を担うことによって、都市圏の実情や民間企業の開発意向が政策により反映されやすくなり、民間企業が事業展開しやすい状況を創り出すことができると言える。

一方、都市計画に関連する組織としては RA(Regional Assembly)が存在したが、これも廃止され、後継組織として RLB(Regional Leaders Board)が設置されることとなった。RA と RLB の相違を見ると、a)RA は法定計画である RSS(Regional Spatial Strategy)の骨子策定権限を有したのに対し、RLB は広域都市計画を策定するものの、法定計画策定主体ではないこと、b)RA は行政の代表者による会議であったものの、RLB は行政に加えて民間、第三セクター主体から構成される組織であることである。これより、RDA から LEP への組織改編と同様、民間主体の意向がより反映されやすい形と言える。

民間主体が立案した計画の行政への反映状況

ピール・グループは、マージー川流域において広範な範囲で港湾会社とドックを所有するなど、英国で第二位の港湾グループを形成している。

ピール・グループは独自の開発ビジョンとして、2008 年にオーシャン・ゲートウェイ(以下、オーシャン GW)を策定した。オーシャン GW の策定にあたって、ピール・グループは、このビジョンを達成するには地域の官民主体が協働することが必要としている。その方法として提示されているのが、法定計画への位置づけである。

民間企業が策定したオーシャン GW 計画は、2009 年から 2 年、民間、行政、地域関係者の参加を経て、2010 年 3 月に NWDA と中央政府北西部出張所(GONW)によって、アトランティック・ゲートウェイ(以下、アトランティック GW)として公表されている。

協議を経て、その内容がどのように変化したのかを見ると(表 1)a)対象地域がさらに広

がっていること、b)計画期間が 50 年から 20 年に短縮されたこと、c)アトランティック GW がオーシャン GW の内容は、ほぼそのままアトランティック GW に踏襲されていることが明らかとなった。それは、a)2030 年までに 25 万の雇用の創出と 40 万戸の住宅供給の実現化という、2 つの都市圏にとって経済開発上大きな意味のあったこと、b)2 つの都市圏にかかる計画であるため、NWDA と GONW という広域の公的機関の関与する必要性があったものと理解できる。

表 1 オーシャン GW とアトランティック GW

	オーシャンGW	アトランティックGW
策定年次	2008年	2010年
策定主体	ピール・グループ	NWDA
対象期間	50年	20年
対象範囲	・マンチェスター都市圏 ・リバプール都市圏 ・マンチェスター ・シップキャナルコリドー	・マンチェスター都市圏 ・リバプール都市圏 ・Warrington, Halton, Chester and northern Cheshire
テーマ	・スーパーポート ・コミュニティと都市再生 ・持続可能な資源	・国際貿易の推進 ・ゲートウェイの創出 ・低炭素のための持続可能なインフラ ・人材の吸引と維持

資料)資料19、25より筆者作成

以上のことから考えれば、公的後ろ盾のあることが計画への位置づけ上大事な要素であり、だからこそ、NWDA と GONW がピール・グループの計画を公的計画として策定したものと理解できる。

これまで見たようにピール・グループの開発計画は都市圏に大きな経済波及効果をもたらす一方で、地元では課題も生じる。そこで、ここではアトランティック GW の中でも、現在進行中の英国内で最も大きな 2 つの再開発事業と開発規模自体は大きくないものの、経済再生の観点からリバプール港の発展に大きな役割を果たす開発事業に着目し、官民の連携方法と課題への対処方法を明らかにする。

表 2 は、3 つの計画に対し期待される効果と課題を明らかにしたものである。公共側にとっては、地域の雇用の増加と経済発展に寄与することから、開発自体への期待も大きいものの、開発地が貧困地域であるため、職業訓練等も同時に求められ、いかに地域が再開

表 2 3 つの開発計画の事業効果と課題

	リバプール2	リバプールウォーター	ウィラルウォーター
概要	コンテナ処理能力を上げるスーパーターミナル計画	北リバプールの貧困地域での業務、住宅、商業等から形成される大規模再開発事業	ウィラルの貧困地域での住宅、業務を中心とした大規模再開発事業
立地	セフトン市	リバプール市	ウィラル市
規模		60ha	200ha
開発規模	3億ポンド	55億ポンド	45億ポンド
計画年	不明	2013	2011
計画期間	ターミナルは2014年完成予定	30年間	30年間
事業の効果	5000人の雇用と150万TULへコンテナ処理能力を上げる	17000人の雇用	27000人の雇用と15000の住宅開発
公共が期待するもの	雇用の増加 経済の発展	雇用の増加 経済の発展 貧困層の社会復帰	雇用の増加 経済の発展 貧困層の社会復帰
課題	交通需要のさらなる増大 道路の建設または鉄道の延伸	長期に渡る開発で将来需要が見えづらいこと アクセスの確保	再開発地域へのアクセスの確保 マージー川を超える交通アクセスの確保

資料)Liverpool Waters, Liverpool 2,ヒヤリング調査より筆者作成

発の恩恵を受けるかが課題とされていた。また、開発期間が30年に及ぶため、将来の予測がしづらいこと、また、開発に伴う人の移動が大きな課題となっている。

こうしたことから考えれば、公的計画への民間活力の活用は主体間の連携という観点からは明確に実現できており、地元の基礎自治体もそれを積極的に導入する体制にあるものの、投資の集中による恩恵を十分受けるためには、交通インフラの増強を含むさらなる投資が求められる。交通機関との連携も会議レベルでは実施されているものの、課題解決のためには、さらなる投資が求められよう。

#### (4) エネルギー自立型都市の実現方法

以上の国内、海外調査を踏まえて、エネルギー自立型都市の実現方法として、地域に合った用途のコントロールをすることが、分散型エネルギーネットワークの構築には大事であること、その上で、地域が最終的に恩恵を感じられる低価格エネルギーの実現が必要であり、そのためには官民連携の必要性が高い。こうした官民連携の形は、英国では連携が実現しやすくする体制の構築と、民間の知恵が都市開発に導入しやすくなる方法が構築されていたため、我が国でもさらなるエネルギー自立型都市の実現に向けた取り組みが必要といえる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計5件)

須永 大介、村木美貴、リバプール都市圏における官民連携のあり方に関する一考察 -大規模民間事業者に着目して-、都市計画論文集、査読有、2014、49-3、525-530

横山 慶太、村木美貴、郊外部における地域冷暖房導入を目的とした建物用途コントロールの有効性に関する研究 -横浜市十日市場に着目して-、都市計画論文集、査読有、2014、49-3、645-650

村木美貴、英国におけるCO2排出量削減のための官民連携に関する研究 -地域冷暖房に着目して-、都市計画論文集、査読有、2013、48-3、681-686

村木美貴、低炭素型都市づくりに都市計画の果たす役割、査読無、2013、区画整理 2月号 56-2 pp.6-10

村木美貴、面的なエネルギーのネットワークにおける政策的な課題、査読無、2013、住宅 Vol. 62pp.41-45

〔学会発表〕(計1件)

Masahiko Ishikawa, Miki Muraki, Low Carbon Development Policies and Practice in Japan: Challenges faced by Ordinance-Designated Cities, International Symposium on City

Planning、東北大学、仙台、宮城県、日本、2013年8月23日

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

村木 美貴 (MURAKI Miki)  
千葉大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号：00291352

##### (2) 連携研究者

須永 大介 (SUNAGA Daisuke)  
一般財団法人計量計画研究所・室長  
研究者番号：10419054