

# 熊本市の目指す多核連携都市における人口集約によるCO<sub>2</sub>削減シミュレーション -自動車交通に伴うCO<sub>2</sub>削減効果-

荒木 新吾

熊本市都市政策研究所 研究員

キーワード：コンパクトシティ、多核連携都市、低炭素都市、二酸化炭素、CO<sub>2</sub>、シミュレーション、CREST

## 1. はじめに

便利で快適な生活を目指す現代の社会は、多量の化石燃料の使用を前提としている。これに伴い排出される温室効果ガスは地球温暖化を進行させ、社会のあり方に大きく影響すると考えられている。このため、あらゆる分野において温室効果ガス、特にその大半を占める二酸化炭素（以下「CO<sub>2</sub>」と記述）の発生抑制の取り組みが進められている。

国土交通省によると我が国におけるCO<sub>2</sub>の排出量は、都市活動に起因するものが約5割であり、特に国土の約5%の市街化区域相当区域から約4割が排出されるといわれている<sup>1</sup>。

明治期以降、現代に至るまで人口の増加が続き、戦後は、都市部への人口流入がおり、それに伴い都市の拡大がみられた。とりわけ、モータリゼーション以降、都市の拡散が目立つようになり、また近年は、郊外へ様々な施設が整備されたり、移転したりする傾向が顕著となっていった<sup>2,3</sup>。一方で、現在の日本は、少子高齢化の進展により人口減少社会へ突入している。

熊本市においても、人口の増加が続いてきたが、現在、人口はほぼピークを示し、近い将来人口減少へと傾いていくと見込まれている<sup>4</sup>。人口集中地区(DID 地区)についても人口の増加以上に面積が拡大し、結果として人口密度も徐々に低下してきており、都市の拡散傾向が問題となってきた<sup>5</sup>。

このように広がった都市域に、人口減少・少子高齢化という人口構造の大きな変化の波が押し寄せることで、交通弱者や買い物難民、都市のインフラの維持に伴う行政コストの問題、そして過度な自動車依存に伴う多量のCO<sub>2</sub>の排出による地球温暖化問題などが喫緊の課題となった。

このような多くの課題を解決する効果的な政策として、近年、コンパクトシティ化政策が国をはじめ、多くの自治体において、基本的な都市のあり方として位置づけられ計画策定がなされるようになってきている<sup>6</sup>。

コンパクトシティ化の効果のひとつとして、環境面ではCO<sub>2</sub>削減効果が期待されていて、熊本市を事例として集約型都市における運輸部門のCO<sub>2</sub>の排出削減効果を試算した先行研究が、叶<sup>7</sup>によりなされている。しかし、熊本市が目指す多核連携都市に特化したCO<sub>2</sub>排出量削減効果の試算に関する研究は、見当たらない。また、熊本市が策定してきた「第2次都市マスタープラン」や「熊本市低炭素都市づくり戦略計画」などの行政計画においては、低炭素都市を指向しているものの、CO<sub>2</sub>排出量削減効果について多核連携都市の都市構造を踏まえた試算は現状ではされていない。そこで、本研究では、熊本市が目指すコンパクトシティ・多核連携都市による人口集約によって、自動車交通に伴うCO<sub>2</sub>の削減効果がどの程度期待できるのかをシミュレーション・ツールを活用して試算することで、その効果を定量的に把握し、低炭素都市づくりに資する基礎資料を得ることを目的とする。

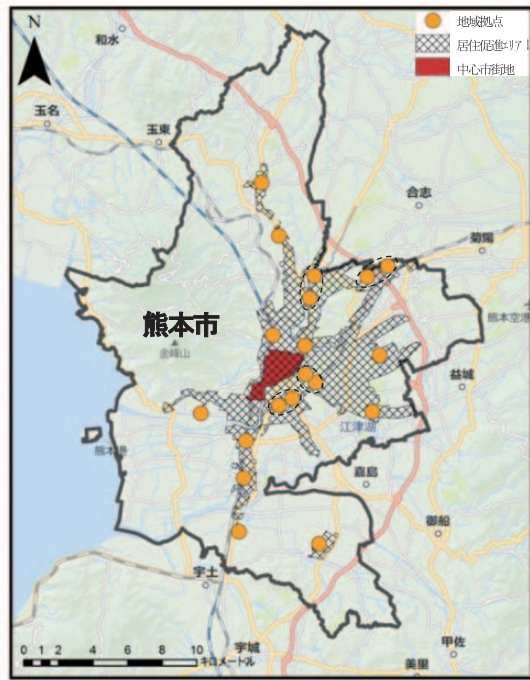
## 2. コンパクトシティ化へ向けた行政の取り組み

国においては、2008年に「地球温暖化対策の推進に関する法律」が改正され「地方公共団体実行計画」の策定を地方自治体に義務付けした。2012年に「都市の低炭素化の促進に関する法律」を制定し、これによって、都市計画制度側からも低炭素都市づくりに向けた取り組みを進める方向となった。

熊本市においても、2014年に「第2次熊本市都市マスタープラン 地域別構想（平成26年3月）」（以下「都市マスタープラン」と記述）が策定され、この中で、中心市街地と地域拠点・地域生活圏が公共交通で結ばれ相互に連携した多核連携都市を都市づくりの目標としている。また、2014年には、都市再生特別措置法が改正され、都市再生基本方針に基づき、熊本市では、多核連携都市の推進に向けて「立地適正化計画」の検討を進めている。

### 3. 熊本市が目指す多核連携都市

熊本市では、都市マスタープランにおいて、都市構造の将来像を「豊かな水と緑、多様な都市サービスが支える活力ある多核連携都市」としている<sup>8</sup>。この多核連携都市は、「中心市街地」、15の「地域拠点」、それらを公共交通機関が放射状につなぎ、その公共交通機関の沿線の「居住促進エリア」で構成される。その基本的な考え方や具体的な地区の範囲を図1及び表1に示す。



(出典) 熊本市都市局都市政策課資料をもとに作成。

近接する拠点はまとめて1つの地域拠点としている。(破線の枠内)

図1 多核連携都市

表1 多核連携都市

|         |                                                                                                                                                                      |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 中心市街地   | 商業・業務等都市機能が集積している「通町筋・桜町周辺地区」、本市の陸の玄関口である熊本駅及びその周辺を含む「熊本駅周辺地区」、それら地区を結ぶ役割を果たし、城下町としての町割りや資源のある「新町・古町地区」及び熊本の象徴である熊本城や多数の歴史・文化施設のある「熊本城地区」からなる区域(約415ha) <sup>9</sup> |
| 地域拠点    | 地域生活圏を支えるため、公共、商業、金融、医療、公共交通などの都市機能の集積を図り暮らしに必要なサービスが享受できる核となるエリアであり、日常生活において多くの人が集まる場所付近で交通の要衝となる15の拠点 <sup>10</sup>                                                |
| 居住促進エリア | 公共交通軸(鉄軌道(JR、市電、熊本電鉄)、熊本市公共交通グランドデザインにおける幹線バス路線及び運行本数75本/日以上のバス路線)を利用しやすい鉄道駅・市電電停のおおむね半径500m圏、バス停のおおむね半径300m圏のエリア <sup>11</sup>                                      |

※ 3区分とも市街化区域内を基本とし、工業地域及び工業専用地域を除き、地形・地物を考慮する。

(出典) 第2次熊本市年マスタープラン地域別構想(平成26年3月策定)、第2次熊本市年マスタープラン(概要版)、2期熊本市中心市街地活性化基本計画(熊本地区)熊本県熊本市(平成24年3月 平成24年3月29日認定 平成25年3月29日変更)をもとに作成

### 4. 人口集約によるCO<sub>2</sub>排出量削減シミュレーション

#### 4. 1 計算方法

本研究では、熊本市の目指す多核連携都市について、人口集約による自動車交通量に伴うCO<sub>2</sub>削減効果のシミュレーションを行うが、シミュレーションには、「都市の低炭素化の促進に関する法律」に基づく市町村の「低炭素まちづくり計画」の策定を支援するために、国土交通省都市局都市計画課が作成したツールである「二酸化炭素削減効果シミュレーション・ツール ver.1.0.0.0(試行版)」(CO<sub>2</sub>-Reduction Effect Simulation Tool;CREST 以下「CREST」と記述)を活用する。CRESTは、神奈川県小田原市の低炭素まちづくり計画<sup>12</sup>の策定に活用されるなど、実際に計画策定ツールとして活用され始めている。CRESTの算定手法は、「低炭素まちづくり実践ハンドブック」(平成25年12月 国土交通省都市局都市計画課)を参考にしている。

本研究では、CRESTの持つ多様な施策のシミュレーション機能(人口集約、LRT整備、鉄軌道運賃低減、バス専用道・レーン整備、路線バス導入・増便、都心部乗り入れ規制、環境対応車の普及など)のうち、人口集約のシミュレーション機能のみを使用した。

以下に、CRESTによる人口集約によるCO<sub>2</sub>削減効果の計算方法について、二酸化炭素削減効果シミュレーション・ツール利用マニュアル<sup>13</sup>に基づき、その概略を示す。まず、計算の概略のフローを図2に示す。

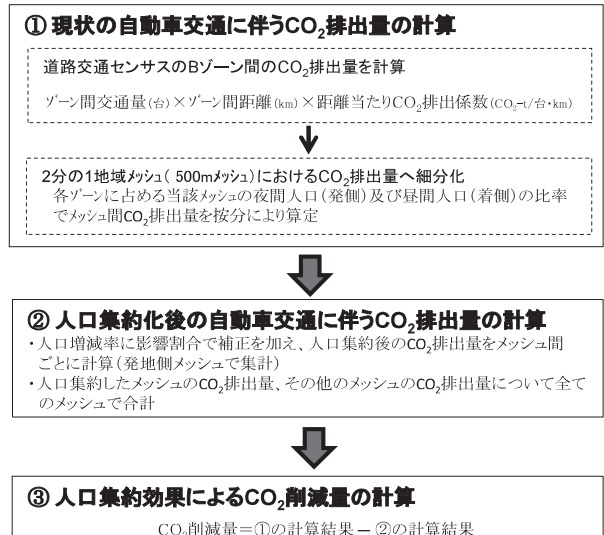


図2 計算方法のフロー

(出典) 二酸化炭素削減効果シミュレーション・ツール利用マニュアル2頁をもとに作成



#### 4. 2 多核連携都市のエリア区分

図4は、熊本市の目指す多核連携都市をメッシュによって「中心市街地」、「地域拠点」及び「居住促進エリア」のエリア区分を表したものである。

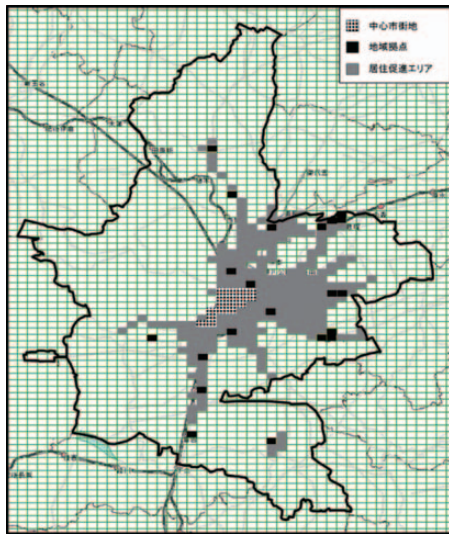


図4 多核連携都市のメッシュによるエリア区分

背景地図出典

国土数値情報「行政区域(市) 国土交通省」地球地図日本第2版 交通網「道路」  
国土数値情報「鉄道」系列データ 国土交通省「地球地図日本第2版 水系」(湖沼・河川)

それぞれのエリアの面積、人口は表3のとおりである。なお、CRESTでは、「都心」、「副都心」及び「生活拠点」という区分で3つの人口集約の程度を設定可能であるので、本研究では、この3つの人口集約の区分をそれぞれ、熊本市が目指す多核連携都市でのエリア区分に対応させ「中心市街地」、「地域拠点」及び「居住促進エリア」として計算条件を設定した。一辺約500mというサイズのメッシュによるエリア設定であるので図1を完全に解像することはできないため、境界部分についてはできるだけ含めるようメッシュ設定をしたことから、面積がやや大きくなっている。

表3 多核連携都市のエリア区分

| エリア区分              | 中心市街地    | 地域拠点     | 居住促進エリア   | 合計        |
|--------------------|----------|----------|-----------|-----------|
| メッシュ数              | 17 個     | 21 個     | 230 個     | 268 個     |
| 面積※                | 460ha    | 568ha    | 6,222ha   | 7,249ha   |
| 夜間人口 <sup>18</sup> | 27,104 人 | 39,418 人 | 367,798 人 | 434,320 人 |
| 昼間人口 <sup>18</sup> | 77,226 人 | 42,093 人 | 351,847 人 | 471,166 人 |

※1つのメッシュの面積を27.05ha<sup>19</sup>として換算し、少数点以下を四捨五入。

#### 4. 3 現状及び各種モデル条件による計算

##### (1) 現状の発生CO<sub>2</sub>の計算値

人口集約を行わない現状(平成22年)についてCRESTに

より計算したCO<sub>2</sub>排出量と「熊本市低炭素都市づくり戦略計画(改訂版)」で熊本市が算定している熊本市域の自動車交通由来のCO<sub>2</sub>排出量の比較を表4に示す。CRESTの結果の方が1割程度大きい程度で、近い値である。

表4 CRESTによる試算と熊本市公式値との比較

| 算 定                                             | 自動車による排出量                                  |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| CRESTによる現状試算値                                   | 2,696 (CO <sub>2</sub> -t/日)               |
| 熊本市低炭素都市づくり戦略計画(改訂版)<br>「運輸」/2010年(自動車由来分、1日換算) | 2,429 (CO <sub>2</sub> -t/日) <sup>20</sup> |

図5は、人口集約を行っていない現状についてCRESTによって計算したCO<sub>2</sub>排出量の分布を示す。この図は、メッシュ間の自動車トリップに伴い排出されたCO<sub>2</sub>を、発地側で集計したものである(以降の分布図もすべて同様に発地側集計である。)。全体的に、中心市街地・地域拠点・居住促進エリアを合わせたエリア(以下「3区分統合エリア」と記述)の真ん中付近の東西に広がった領域を発地としてCO<sub>2</sub>排出が分布していることが分かる。特にCO<sub>2</sub>排出量が多い箇所は、中心部付近(桜町・辛島町・練兵町・山崎町・新市街・下通2丁目付近)、田崎・八島付近、出仲間・幸田・御幸笛田・流通団地付近である。商業の中心エリア、熊本のバスのメインターミナルである熊本交通センターや、流通の拠点の商業団地である流通団地、住宅の集中する住宅街・団地等を含むエリアが該当している。

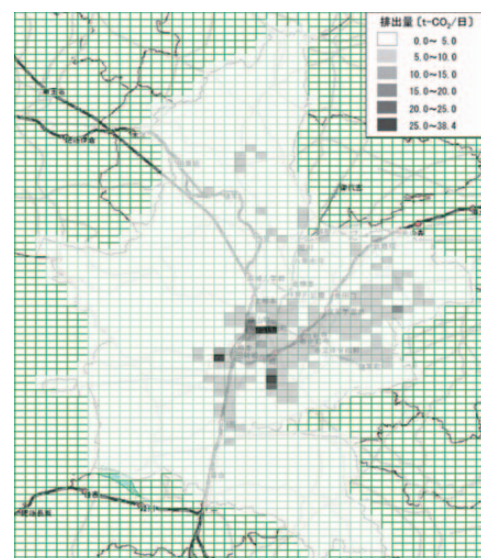


図5 現状(人口集約なし)のCO<sub>2</sub>排出量の分布

背景地図出典

国土数値情報「行政区域(市) 国土交通省」地球地図日本第2版 交通網「道路」  
国土数値情報「鉄道」系列データ 国土交通省「地球地図日本第2版 水系」(湖沼・河川)

## (2) 人口集約パターン

表 5 に人口集約の計算条件のパターンを示す。人口集約を中心市街地、地域拠点、居住促進エリアごとに夜間人口及び昼間人口について10%刻みで100%まで増加させ、最大で集約対象エリアの人口を2倍とするところまで試算するモデル的な条件である。人口集約エリアの特徴及び夜間人口、昼間人口の集約の特徴を把握するために設定した条件である。

表 5 人口集約の計算条件

|        | 集約エリア   | 集約人口 | 集約率                |
|--------|---------|------|--------------------|
| ケース CN | 中心市街地   | 夜間人口 | 10%刻みで             |
| ケース CD |         | 昼間人口 | 100%まで対            |
| ケース LN | 地域拠点    | 夜間人口 | 象エリアの人口<br>を増加させる。 |
| ケース LD |         | 昼間人口 |                    |
| ケース RN | 居住促進エリア | 夜間人口 |                    |
| ケース RD |         | 昼間人口 |                    |

図 6 は、表 5 に示す各計算条件によって行った計算結果をグラフ化したものである。横軸は人口集約率、縦軸はCO<sub>2</sub>削減率（プラス側が削減で、マイナス側が増加を表す。）である。

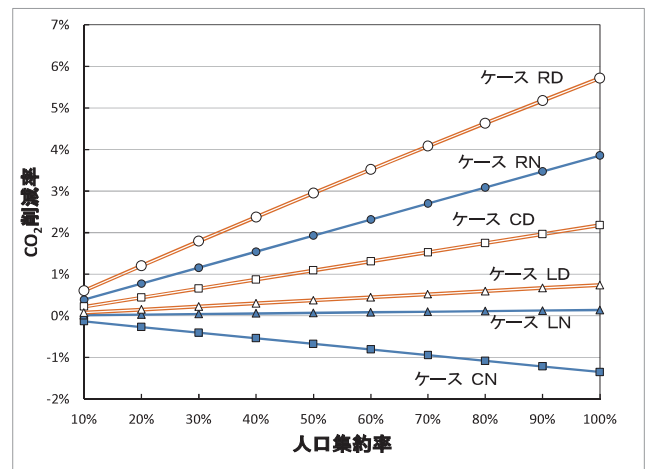
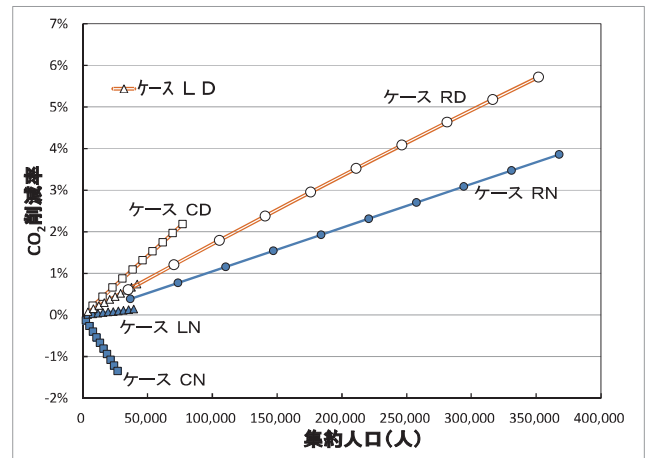
夜間人口集約のグラフ（ケース CN、ケース LN、ケース RN）は、計算式及び表 2 の影響割合の設定により、直線となるが、昼間人口集約のグラフ（ケース CD、ケース LD、ケース RD）は、影響割合の設定が夜間人口とは異なることから、人口集約率同士を掛け合わせる項（目的kが「私事」と「業務」の項）が存在するため、厳密には直線にはならない。しかし、図 6 ではほぼ直線状になっていることから、その影響は余り大きくないことが分かる。

中心市街地の夜間人口の集約（ケース CN）を除き、人口の集約率を高めるほどCO<sub>2</sub>は多く削減されている。特に居住促進エリアへの集約（ケース RN、ケース RD）による効果が大きく、ケース RD で最大 5.7%の削減となっている。これは、人口の規模がもともと大きい居住促進エリアは同じ集約率でも排出の基礎となる人口そのものの変化が大きいためであると予想される。このことを確認するために、図 6 の横軸を集約人口（人数）に換算したグラフを作成した。図 7 は、集約人口の変化とCO<sub>2</sub>削減率の変化の関係を表すグラフである。

図 7 では、もともと人口の規模が大きい居住促進エリア

（ケース RN、ケース RD）では、集約人口も大きいいため、図 6 同様、それだけ多くのCO<sub>2</sub>削減となっているが、集約人口に対して最も削減効果が高いのは、傾きが大きいケース CD（昼間人口の中心市街地への集約）であることが分かる。また、ケース LD、ケース RD（昼間人口を地域拠点と居住促進エリアに集約するケース）については、同程度のグラフの傾きであることから、この 2 ケースでは人口集約人数ベースでは同程度のCO<sub>2</sub>減少効果であることが分かる。

また、図 6、図 7 から、いずれのエリア区分についても夜間人口よりも昼間人口を集約した方がCO<sub>2</sub>削減効果が高くなっていることが分かる。

図 6 人口集約率による CO<sub>2</sub>削減率の変化図 7 人口集約人数による CO<sub>2</sub>削減率の変化

次に図 8-a～f に各計算条件における10%人口集約の場合のCO<sub>2</sub>排出量の削減量の分布を示す。

中心市街地の夜間人口の集約（ケース CN）によってCO<sub>2</sub>が増加しているのは、図 8-a によると、人口集約を行っていない市域の西南部地区のCO<sub>2</sub>増加（グレーの部分）による影響が推測される。このケースの場合、自動車トリップ増加

の基となる人口集約は、中心市街地のみに設定している  
 で、発地側で集計した CO<sub>2</sub>削減量分布図であることを考えれば、この西南部地区を発地として、中心市街地を目的地とする自動車トリップが増加して、中心市街地までの移動距離が長いこともあいまって、これに伴う CO<sub>2</sub>排出量が増加したことがうかがえるが、それだけで全体として CO<sub>2</sub>が増加したとは考えにくい。中心市街地以外のエリアは人口が減少するため CO<sub>2</sub>も減少しているが、この人口減少エリアにおける CO<sub>2</sub>減少効果が小さいことが影響しているのではないかと推測される。しかし、その理由については、自動車交通ODデータの目的別データ等の確認が必要と考えられるが、そこまではいたらなかったため、明確な要因は確定できなかった。  
 なお、ケース CN の場合も、当該西南部地区以外の CO<sub>2</sub>増加エリアとしては、人口を集約した中心市街地が該当したが、これは発生の基となる人口が増加し、それに応じて自動車トリップが増加して排出量が増加した結果である。

図8-b～図8-f については、人口集約したエリアにおいて CO<sub>2</sub> 排出量が増加し、集約により人口を奪われ人口が減少したエリアにおいて CO<sub>2</sub> 排出量が減少していることが分かる。図8-b～d は黒以外が人口集約メッシュであり、そこでは CO<sub>2</sub> 排出量が増加している。黒いメッシュは CO<sub>2</sub> 排出量が減少している。図8-e、f では白いメッシュが人口集約メッシュであり、そこでは CO<sub>2</sub> 排出量が増加し、それ以外は CO<sub>2</sub> 排出量が減少している。その結果、市域全体としては、排出量が減少（図6、図7 参照）しており、これにより、3区分のエリア設定の場合、集約エリアへの人口集約による CO<sub>2</sub> 増加量よりも、人口が減少するエリアの CO<sub>2</sub> 排出量の減少量の方が大きいということが確認できた。

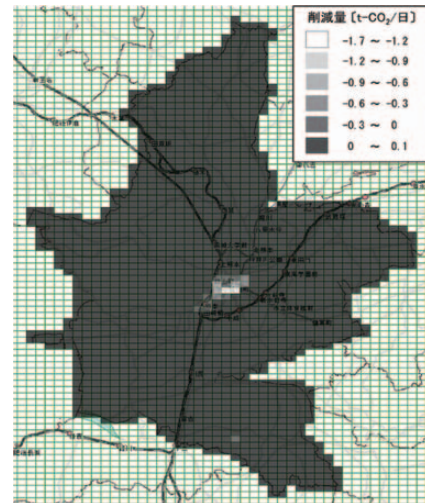


図8-b ケース CD CO<sub>2</sub>削減量の分布図  
 (中心市街地・昼間人口集約10%)

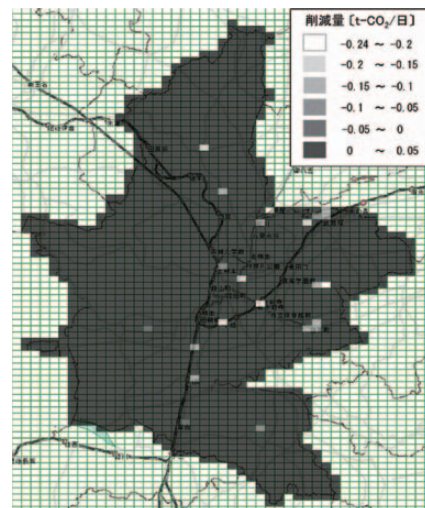


図8-c ケース LN CO<sub>2</sub>削減量の分布図  
 (地域拠点・夜間人口集約10%)

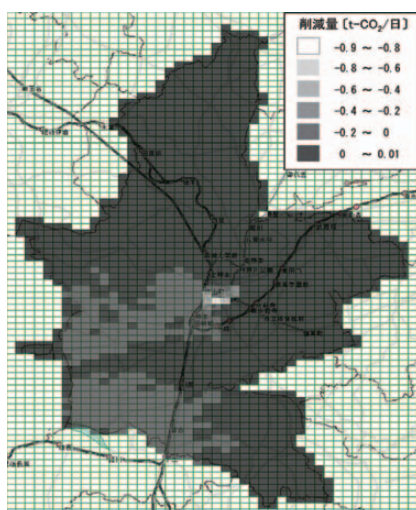


図8-a ケース CN CO<sub>2</sub>削減量の分布図  
 (中心市街地・夜間人口集約10%)

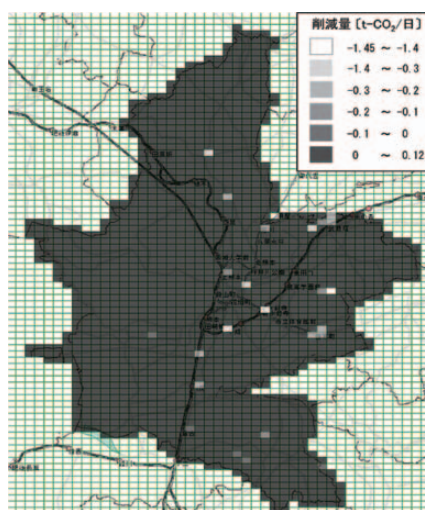


図8-d ケース LD CO<sub>2</sub>削減量の分布図  
 (地域拠点・昼間人口集約10%)

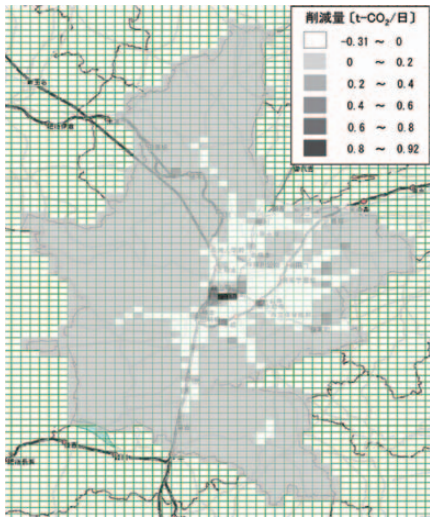


図 8-e ケース RN CO<sub>2</sub>削減量の分布図  
(居住促進エリア・夜間人口集約 10%)

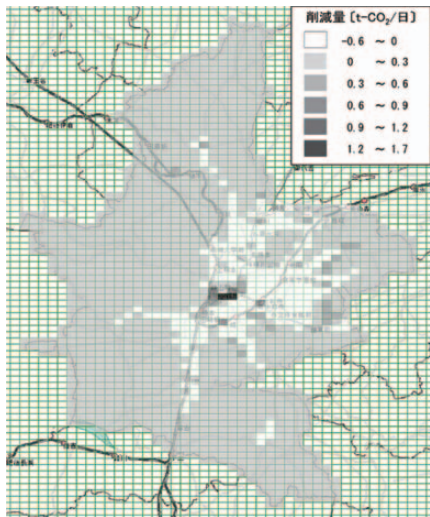


図 8-f ケース RD CO<sub>2</sub>削減量の分布図  
(居住促進エリア・昼間人口集約 10%)

図 8-e～f 背景地図出典  
国土数値情報「行政区域(面) 国土交通省」地球地図 日本第 2 版 交通網「道路」  
国土数値情報「鉄道時系列データ 国土交通省」地球地図 日本第 2 版 水系「湖沼・河川」

(3) 人口拡散パターン

次に、熊本市域辺縁部（3 区分統合エリア以外の熊本市域図 9）に人口が拡散した場合についてシミュレーションを行った。これは、市域辺縁部に人口を集約させ、人口集約率を 10%刻みで 100%まで市域辺縁部の人口を増加させ、最大で市域辺縁部人口を 2 倍とするところまで試算するモデル的な条件である。計算条件は表 6 のとおりである。

表 6 人口拡散の計算条件

|         | 集約エリア       | 拡散対象         | 集約率                              |
|---------|-------------|--------------|----------------------------------|
| ケース FN  | 熊本市域<br>辺縁部 | 夜間人口         | 10%刻みで 100%<br>まで対象エリアの人口を増加させる。 |
| ケース FD  |             | 昼間人口         |                                  |
| ケース FND |             | 夜間及び<br>昼間人口 |                                  |

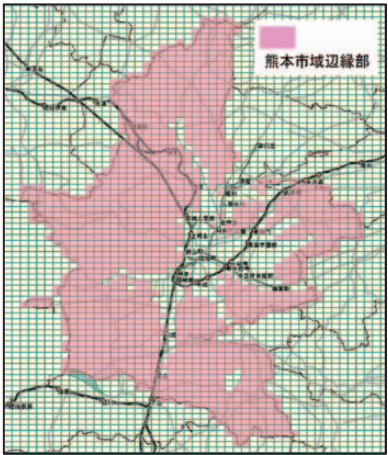


図 9 熊本市域辺縁部

背景地図出典  
国土数値情報「行政区域(面) 国土交通省」地球地図 日本第 2 版 交通網「道路」  
国土数値情報「鉄道時系列データ 国土交通省」地球地図 日本第 2 版 水系「湖沼・河川」

図 10 は、縦軸を CO<sub>2</sub>削減率、横軸を市域辺縁部への人口拡散（市域辺縁部への人口集約率）とした CO<sub>2</sub>削減率（マイナスの値は増加を表す）の変化のグラフである。いずれのケースにおいても人口拡散の度合いが大きくなるに従い CO<sub>2</sub>排出量が増加していくことが分かる。また、昼間人口の拡散の方が夜間人口のそれよりも影響が大きいことが分かる。さらに、昼間人口、夜間人口の両方をあわせて拡散させた場合が最も影響が大きく、拡散の度合いが高くなるにつれて勾配がやや大きくなる曲線である。

図 11 は、ケース FND の計算条件（夜間人口及び昼間人口ともに市域辺縁部への集約）において市域辺縁部人口を 10%増加させた場合の CO<sub>2</sub>削減量の分布図である。3 区分統合エリアで CO<sub>2</sub>排出量が削減されていて、人口が増加した市域辺縁部では CO<sub>2</sub>が増加していることが分かる。なお、市域辺縁部において CO<sub>2</sub>が減少しているメッシュがあるが、これは、熊本港のほか、西部の金峰山、北部の田原坂付近、南部の雁回山付近など人口の少ない山間であり、H22 自動車交通 OD データによるとトリップが少ないエリアに該当する。

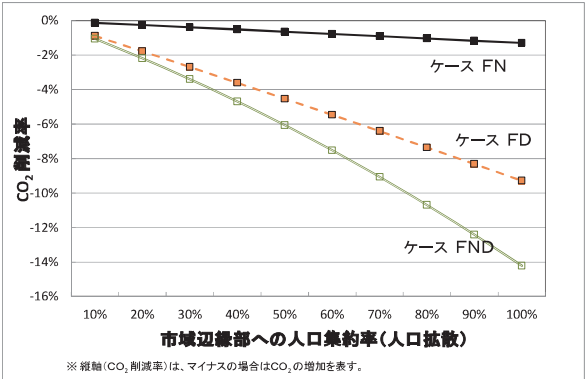


図 10 人口拡散による CO<sub>2</sub>削減率の変化

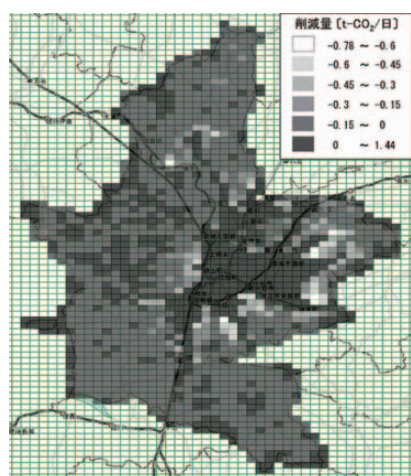


図 11 ケース FND CO<sub>2</sub>削減量の分布図  
(市域辺縁部 夜間人口・昼間人口 10%増加)

背景地図出典

国土数値情報「行政区域(市) 国土交通省」地球地図日本第2版 交通(道路)  
国土数値情報「鉄道(線) 国土交通省」地球地図日本第2版 水系(湖沼・河川)

#### (4) 人口集約と拡散パターンの結果のまとめ

自動車交通のトリップと人口の増減を基に CO<sub>2</sub> 排出量の変化を算出する CREST によって、3 区分統合エリアへ人口を集約させることで CO<sub>2</sub> を削減できることが確認された。

3 区分統合エリアへ人口を集約することは、CO<sub>2</sub> の削減となった。これは自動車利用が多いと考えられる市域辺縁部から、公共交通の利便性が高かったり、自転車や徒歩による移動により日常生活が可能なエリアへ人口がシフトすることであるので、交通手段の低炭素化がシミュレーションされたものと考えられる。

#### 4. 4 熊本市が想定する人口集約率のシミュレーション

熊本市の目指す多核連携都市について想定されている人口集約率等を踏まえたシミュレーションを行う。計算条件は、都市マスタープランを参考として設定する。

都市マスタープランでは、平成 22 年を基準値として 25 年後には、熊本市全体で約 19,000 人の人口が減少し、うち 3 区分統合エリアで約 10,000 人の人口減少となると予測している。そして、3 区分統合エリアからの人口減少を防ぎ、人口密度を低下させないことを目標としている<sup>21</sup>。

今回活用している CREST には、市域のトータルの人口を増減させることができないという機能上の制約がある。そこで、都市マスタープランの目標とする多核連携都市の計算条件を、予想される人口減少分約 19,000 人を 3 区分統合エリアに集約し、市域辺縁部では約 19,000 人減少させると

いう設定として反映させることとする(人口集約パターン)。

またあわせて、予想される人口減少分約 19,000 人を市域辺縁部へ拡散させ、3 区分統合エリアが同数分減少するという郊外への人口拡散パターンを参考として計算する。

なお、都市マスタープランでは、人口については夜間人口についてのみの言及であるが、本研究では昼間人口の設定についても、夜間人口と同様、約 19,000 人の集約、拡散の扱いとした。

計算条件をまとめると、表 7-a 及び表 7-b のとおりである。

表 7-a 多核連携都市の計算条件

|          | 集約区域 | 3 区分統合エリア |         |          |          |
|----------|------|-----------|---------|----------|----------|
|          |      | 中心市街地     | 地域拠点    | 居住促進     |          |
| 人口集約パターン | 夜間人口 | 4.4%      | 4.4%    | 4.4%     | 4.4%     |
|          |      | 1,193 人   | 1,734 人 | 16,183 人 | 19,110 人 |
|          | 昼間人口 | 4.0%      | 4.0%    | 4.0%     | 4.0%     |
|          |      | 3,089 人   | 1,684 人 | 14,074 人 | 18,847 人 |

※CREST では、人口集約率を設定するため、集約人口は端数のある数値となっている。

表 7-b 市域辺縁部への拡散の計算条件

|          | 集約区域 | 市域辺縁部    |
|----------|------|----------|
| 人口拡散パターン | 夜間人口 | 6.3%     |
|          |      | 18,910 人 |
|          | 昼間人口 | 6.6%     |
|          |      | 18,881 人 |

※CREST では、人口集約率を設定するため、集約人口は端数のある数値となっている。

図 12-a 及び図 12-b に集約パターンの排出量削減分布図を、図 13-a 及び図 13-b に拡散パターンの排出量削減分布図を示す。

集約パターンについては、図 12-a 及び図 12-b から、人口集約する 3 区分統合エリアで CO<sub>2</sub> が増加し、市域辺縁部で減少していることが分かる。特に図 12-a から、3 区分統合エリア隣接エリアでの減少が大きいことが分かる。この部分は、ここよりも外側のエリアよりも人口が多いエリアであるためであると考えられる。

次に、拡散パターンについては、図 13-a 及び図 13-b から、人口が増加した市域辺縁部で CO<sub>2</sub> が増加し、人口が減少した 3 区分統合エリアで CO<sub>2</sub> が減少していることがわかり、特に昼間人口の多い中心市街地の減少が目立っている。

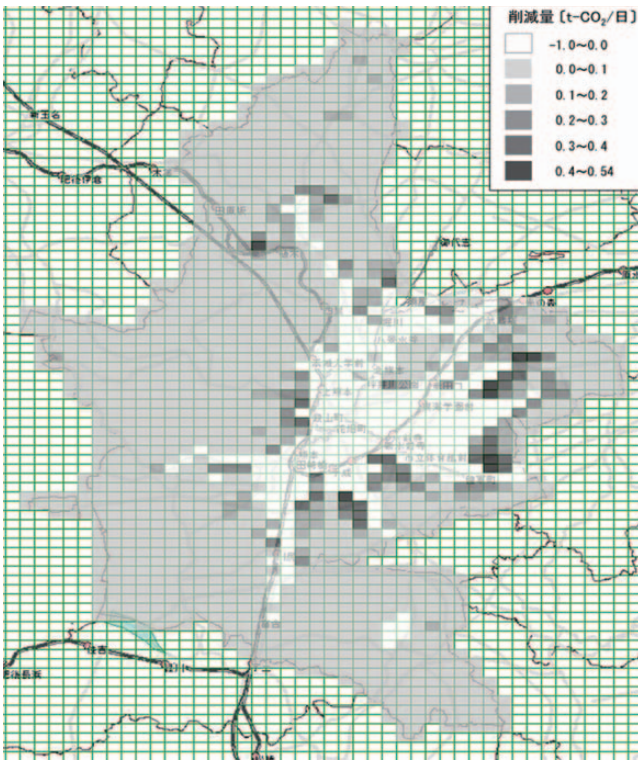


図 12-a 集約パターンの排出量削減量分布図

背景地図出典  
国土数値情報「行政区域（面）国土交通省」地味地図日本第2版 交通網「道路」  
国土数値情報「鉄道系列データ 国土交通省」地味地図日本第2版 水系「湖沼・河川」

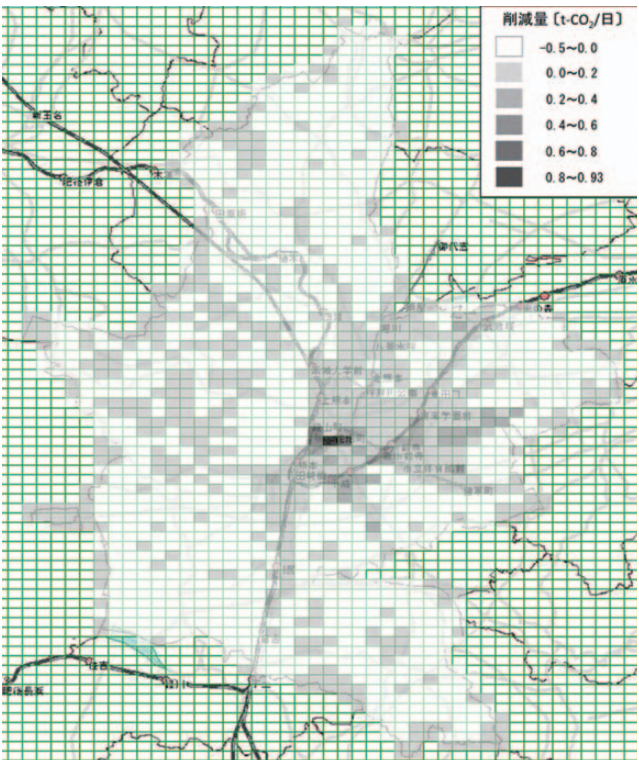


図 13-a 拡散パターンの排出量削減量分布図

背景地図出典  
国土数値情報「行政区域（面）国土交通省」地味地図日本第2版 交通網「道路」  
国土数値情報「鉄道系列データ 国土交通省」地味地図日本第2版 水系「湖沼・河川」

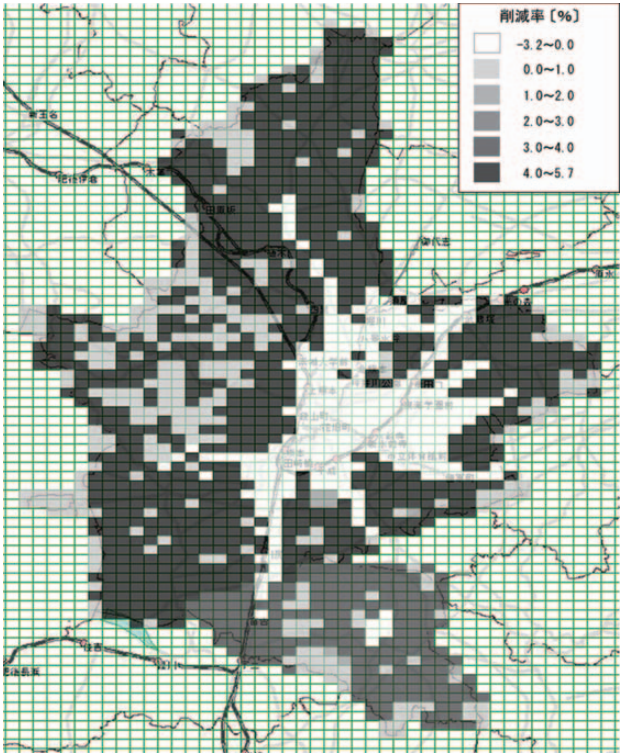


図 12-b 集約パターンの排出量削減率分布図

背景地図出典  
国土数値情報「行政区域（面）国土交通省」地味地図日本第2版 交通網「道路」  
国土数値情報「鉄道系列データ 国土交通省」地味地図日本第2版 水系「湖沼・河川」

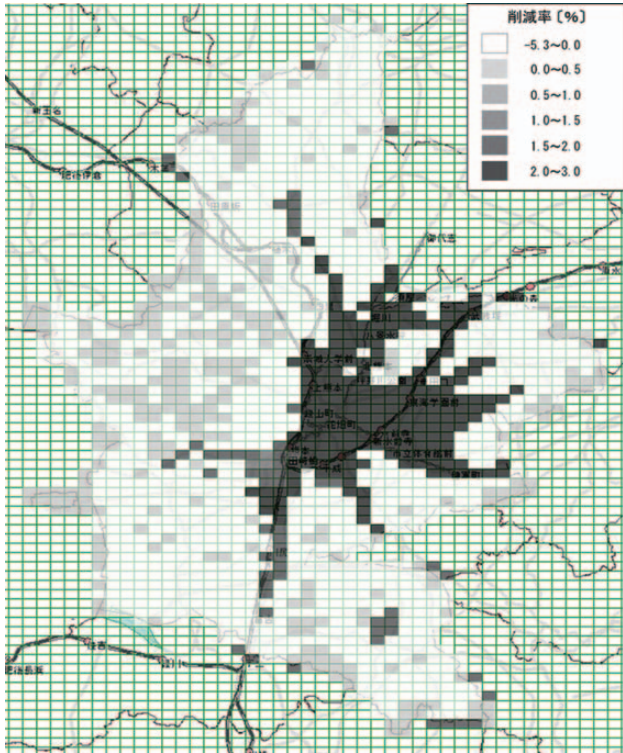


図 13-b 拡散パターンの排出量削減率分布図

背景地図出典  
国土数値情報「行政区域（面）国土交通省」地味地図日本第2版 交通網「道路」  
国土数値情報「鉄道系列データ 国土交通省」地味地図日本第2版 水系「湖沼・河川」

表8 多核連携都市におけるCO<sub>2</sub>削減結果（市域トータル）

|        | 削減・増加量                     | 削減・増加率  |
|--------|----------------------------|---------|
| 集約パターン | 19.6t-CO <sub>2</sub> /日削減 | 0.73%削減 |
| 拡散パターン | 18.4t-CO <sub>2</sub> /日増加 | 0.68%増加 |

表8に、計算結果を示す。多核連携都市の人口集約を行うことによりCO<sub>2</sub>排出量は0.73%削減されることが試算された。これを年間削減量に換算すると、7,150t-CO<sub>2</sub>/年であり、これは熊本市域の森林面積の75%、4,680haの森林が1年間に吸収するCO<sub>2</sub>の量に相当する<sup>22</sup>。逆に、同じ規模の人口が市域辺縁部へ拡散した場合には、CO<sub>2</sub>排出量は0.68%の増加であった。今後予測される人口動態について多核連携都市という都市形態に集約させる場合と、その人口変化を辺縁部に拡散させた場合との差で考えると、これらを合わせた1.41%の違いとなって現れることが試算された。

## 5. まとめ

CREST を使いシミュレーションを行い、熊本市の目指す多核連携都市における、人口集約による自動車交通に伴うCO<sub>2</sub>削減効果を試算した結果、次のことが分かった。

- (1) 中心市街地、地域拠点、居住促進エリアに人口を集約することで、CO<sub>2</sub>排出量が削減される。また、集約する人口の規模が大きくなるほどCO<sub>2</sub>削減効果も大きくなる傾向がある。（(4)を除く。）
- (2) 中心市街地の昼間人口の集約によるCO<sub>2</sub>削減効果が最も大きい。
- (3) 人口集約の効果及び人口拡散の影響は、夜間人口よりも昼間人口の方が大きい。
- (4) 中心市街地の夜間人口の集約は、効果がなく、CO<sub>2</sub>が増加する結果となったが、その要因は特定できなかった。
- (5) 市域辺縁部へ人口を拡散させた場合、CO<sub>2</sub>が増加する。また、拡散人口の規模が大きくなるほどCO<sub>2</sub>もより増加する。
- (6) 熊本市が目指す多核連携都市に関して想定される人口集約の規模についてシミュレーションを行った結果、自動車交通に伴うCO<sub>2</sub>排出量は、約0.73%の削減であった。

今回の研究では、CREST の持つ多様なシミュレーション機能のうち人口集約シミュレーション機能のみを活用して多核連携都市の人口集約に起因するCO<sub>2</sub>排出量削減についてシミュレーションを行った。しかし、人口集約のみならず、

軸となる交通体系の再構築があわせて行われ、中心市街地と地域拠点・居住促進エリアの多核とが“連携”してはじめて多核連携都市が実現されるものであることから、今回は、交通に関する政策の要素を加味していない条件でのシミュレーションであることを踏まえて、結果を捉える必要がある。

熊本市では、現在よりも利便性の高い公共交通を実現するという方向で「熊本市公共交通グランドデザイン」が策定されている。この中で、中心市街地と地域拠点を結ぶ基幹公共交通の輸送力、速達性、定時性の強化や基幹公共交通を補うバス路線網の再編や公共交通空白・不便地域への対応などを目指している<sup>23</sup>。これらが実現していくことで、今回試算した人口集約のみによるCO<sub>2</sub>削減効果にさらにプラスされたCO<sub>2</sub>削減効果が現れ、多核連携都市の実現による本来のCO<sub>2</sub>削減効果が評価できることになると考えられる。

今後は、CREST に実装された交通政策関連のCO<sub>2</sub>削減効果シミュレーション機能を、その特性を踏まえながら活用し、これらも加味した多核連携都市のCO<sub>2</sub>削減効果のシミュレーションを試みる必要がある。

CO<sub>2</sub>削減については、多核連携都市による人口集約以上に削減ポテンシャルを持った政策もあると考えられるが、CO<sub>2</sub>削減目標<sup>24</sup>を達成するためには、全方位的なCO<sub>2</sub>削減対策が必要であり、人口集約もそのひとつである<sup>25</sup>。

都市のコンパクト化は長期的なスパンでしか実現することができない政策である。今回の研究で人口集約がCO<sub>2</sub>削減に資することが確認できたことは、熊本市が目指すコンパクトシティ・多核連携都市政策を進めていく基礎資料となると考えられる。

謝辞：本研究を行うに当たり、一般財団法人計量計画研究所都市交通研究室の高砂子 浩司 氏、及び国土交通省都市局都市計画課 高橋 慶 氏にCREST について多くの知見やアドバイスをいただいた。また、国土交通省九州地方整備局道路部道路計画第二課 立石 佳照 氏にH22年ODデータを提供いただくに当たりたいへんお世話になった。この場を借りて厚く御礼申し上げる。

1 国土交通省ホームページ 都市計画：CO<sub>2</sub>排出量と都市構造

[http://www.mlit.go.jp/toshi/city\\_plan/eco-machi-kouzou.html](http://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/eco-machi-kouzou.html)

2 環境白書（平成18年版）総説1 人口減少と環境 第1章第2節第2 都市と環境

<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/hakusyo.php3?kid=225&serial=2>

- 6606&kensaku=1&word=DID%82%CC%901%8C%FB%96%A7%93%82%CD%8C%B8%8F%AD
- 3 堀 満「熊本市における公共交通と特定公共施設分布の関係分析に基づく都市形成の考察」『熊本都市政策 Vol. 2 (2013)』12 頁。
- 4 植木 英貴「熊本市における合計特殊出生率向上に向けた少子化対策についての一考察」『熊本都市政策 Vol. 3 (2014)』3 頁。
- 5 第2次熊本市都市マスタープラン地域別構想(平成26年3月 熊本市) 9 頁
- 6 国土交通省ホームページ エコまち法制定の背景  
http://www.mlit.go.jp/toshi/city\_plan/eco-machi-haikei.html
- 7 叶, 俊「低炭素社会に向けた集約型都市計画手法に関する研究: 熊本市を事例として」(熊本大学大学院自然科学研究科 博士論文 2014-3-25)  
http://hdl.handle.net/2298/31561
- 8 第2次熊本市都市マスタープラン地域別構想(平成26年3月 熊本市) 3 頁
- 9 第2次熊本市都市マスタープラン地域別構想(平成26年3月 熊本市) 20 頁、同概要版 8 頁、2 期熊本市中心市街地活性化基本計画(熊本地区) 熊本県熊本市(平成24年3月 平成24年3月29日認定 平成25年3月29日変更) 36 頁をもとに作成
- 10 第2次熊本市都市マスタープラン地域別構想(平成26年3月 熊本市) 20 頁、同概要版 8 頁～9 頁をもとに作成
- 11 第2次熊本市都市マスタープラン地域別構想(平成26年3月 熊本市) 24 頁をもとに作成
- 12 小田原市低炭素都市づくり計画(平成26年9月発行 小田原市) 47 頁。
- 13 二酸化炭素削減効果シミュレーション・ツール利用マニュアル(平成26年6月 国土交通省 都市局 都市計画課)
- 14 同上マニュアル 5 頁
- 15 ゾーン間での移動距離 $d_{ij}$ の設定については、所要時間最短経路探索結果による。同一ゾーン間の移動距離については、ゾーン内の全てのノード間の所要時間最短経路探索した距離の平均値を使用している。(CRESTを開発した一般財団法人計量計画研究所からの教示。)
- 16 二酸化炭素削減効果シミュレーション・ツール利用マニュアル(平成26年6月 国土交通省 都市局 都市計画課) 6 頁
- 17 同上マニュアル 9 頁
- 18 ArcGIS データコレクションスタンダードパック 2015 収録の統計データ(人口\_総数\_H22、昼間人口\_H22\_21 ソースデータ;平成22年国勢調査/平成21年経済センサス基礎調査(総務省統計局))を集計。
- 19 総務省統計局「地域メッシュ統計の特質・沿革」16 頁。熊本県宇布田庁舎の位置の地域メッシュ・コード(4930-15-49)の面積を4分の1して、本研究の2分の1メッシュ1つの面積を求めた。  
 $1.082\text{km}^2 \div 4 = 0.2705\text{km}^2 = 27.05\text{ha}$
- 20 熊本市低炭素都市づくり戦略計画(改訂版) 20 頁に自動車由来の運輸関係の約9割と言及してあるので9割の値として算出。  
 $985 \text{ 千 t-CO}_2/\text{年} \times 90\% \div 365 \text{ 日} = 2,429 \text{ t-CO}_2/\text{日}$   
\* 同計画 16 頁、表 4
- 21 第2次熊本市都市マスタープラン地域別構想(平成26年3月 熊本市) 121 頁
- 22  $19.6 \text{ t-CO}_2/\text{日} \times 365 \text{ 日} \div 1.53 \text{ t-CO}_2/\text{年} \cdot \text{ha}^{*1} = 4,676\text{ha}$   
熊本市の森林面積 6,214ha<sup>\*2</sup>  
 $4,676\text{ha} \div 6,214\text{ha} = 75\%$   
\*1 熊本市低炭素都市づくり戦略計画 (平成22年3月 熊本市)(別冊) 16 頁  
\*2 熊本市森林整備計画(熊本県熊本市 平成24年3月変更) 1 頁
- 23 みんなで支える公共交通(平成25年9月 熊本市) 3 頁
- 24 熊本市低炭素都市づくり戦略計画-改訂版- (平成27年3月 熊本市) 30-36 頁。短期目標(2020年) 2007年レベルから△6.2%、中期目標(2030年) 2007年レベルから△43%、長期目標(2050年) 2007年レベルから△80%

- 25 熊本市低炭素都市づくり戦略計画-改訂版- (平成27年3月 熊本市) 52 頁。

## 参考文献

- (1) 二酸化炭素削減効果シミュレーション・ツール利用マニュアル(平成26年6月 国土交通省 都市局 都市計画課)
- (2) 第2次熊本市都市マスタープラン地域別構想(平成26年3月 熊本市)
- (3) 熊本市低炭素都市づくり戦略計画-改訂版- (平成27年3月 熊本市)
- (4) 低炭素まちづくり実践ハンドブック(平成25年12月 国土交通省都市局都市計画課)
- (5) 馬場剛、高砂子浩司、稲原宏、茂木渉、伊藤裕美「低炭素まちづくりのための評価ツールの適用」IBS Annual Report 研究活動報告2014 III. 研究論文 21-27 頁
- (6) 熊本市公共交通グランドデザイン～参画と協働で築く公共交通を機軸とした多核連携のまちづくり～(自動車から公共交通へ)(平成24年3月 熊本市)
- (7) みんなで支える公共交通(平成25年9月 熊本市)
- (8) 都市計画制度小委員会 中間とりまとめ「都市計画に関する諸制度の今後の展開について」(社会資本整備審議会 都市計画・歴史的風土分科会 都市計画部会 平成24年9月3日)

## 参考資料

国土交通省 道路交通センサス 00 データ (H22 現況 00) 国土交通省