

低炭素性と財政制約に着目した 市区町村レベルでの地域持続性評価

伊藤 圭¹・加藤 博和²・柴原 尚希³

¹学生会員 名古屋大学博士課程後期課程 大学院環境学研究科
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町C1-2(651))

E-mail: k.ito@urban.env.nagoya-u.ac.jp

²正会員 名古屋大学准教授 大学院環境学研究科

E-mail: kato@genv.nagoya-u.ac.jp

³正会員 名古屋大学助教 大学院環境学研究科

E-mail: nshiba@urban.env.nagoya-u.ac.jp

人口減少・少子高齢化への対応に加えCO₂排出削減も求められる日本の市区町村を対象に、人口・財政・環境に関わる各指標を用いた持続可能性評価手法を提案する。評価指標としてそれぞれ生産年齢人口、市区町村歳出額/市区町村歳入額、地域内旅客交通起源CO₂排出量を用いる。将来動向を評価するために、可住地拡大と人口減少、高齢化、地方交付税の逓減、乗用車走行距離の増加といった諸現象のメカニズムをマクロ的にモデル化する。各市区町村の人口の将来推計値と可住地面積将来シナリオを用いて、それらの変化が各指標に与える影響を推計する。その結果、人口動態が現状のまま推移すると日本全体で持続性が低下すると予測される。それに対し、人口減少に応じた可住地拡大の抑制が持続性改善の重要な施策となることが示される。

Key Words : sustainability, productive-age population, local government finance, CO₂ emissions

1. はじめに

日本は今後、本格的な人口減少局面に突入するとされ、同時に少子高齢化が一層進むとされる¹⁾。そのため、経済成長・人口増加を前提としたこれまでの社会システムは変革されるべきであり、特に住民の生活維持という観点から、国や地方自治体の運営の見直しは重要である。

地方自治体にとっては、今後の人口減少とそれに伴う経済活動の縮小による歳入の減少、ならびに高齢人口の増加による福祉・医療関係費の増大が、財政運営をより一層不確実なものにすることが懸念されている。一方で、人口・経済の拡大を前提として整備されてきた都市インフラは今後その効率性が低下する上に、老朽化に合わせて増加が見込まれる維持・管理・更新費用の抑制が十分に行われなければ、市区町村の運営はさらに厳しくなると考えられる。もし費用負担ができなくなれば、インフラが維持できなくなることによって住民のQuality Of Life (QOL) が低下し、災害に対するリスクも増大することが懸念される。

さらに近年、気候変動問題への対応が国際的に重要な課題の1つとなり、日本は先進国としてCO₂等温室効果物質排出の削減義務を負い、責任を伴う取り組みが世界

から求められている。そして、自治体の政策が市民の日常生活に直結し多大な影響を及ぼすことを考えると、具体的な対応を進める上で自治体においてもCO₂排出量削減の取り組みが求められる。

以上から、自治体では今後、財政運営健全化と環境負荷の抑制という課題を同時に達成し、持続可能性を低下させないことが必要となる。そこで、本研究では全国各市区町村について、将来にわたる持続性を財政状況及び旅客交通起源CO₂排出量を利用して評価する。特に、各市区町村の空間構造に注目し、その改編等の施策が低炭素対応と持続可能な財政運営への接近を両立しうるかに関して評価を行うことを目的とする。

2. 持続性評価モデルの構築

(1) 本研究で構築するモデルの考え方

本研究では各市区町村の持続性を生産年齢人口・財政(歳入、歳出)・CO₂排出量(旅客交通起源)の3つの指標を用いて評価する。そのため、各指標について推計モデルを構築し、2050年時点まで5年間隔で予測する。予測において、各市区町村の人口と面積(可住地・DID)をフレ

ームとして設定する。2005年時のフレームは、人口・可住地面積は「統計でみる市区町村のすがた2008」²⁾を、DID面積は平成17年国勢調査によって与える。各市区町村の歳入・歳出・交付税額等については、平成20年度市町村別決算状況調³⁾を用いる。

人口は、市区町村ごとに基準年の人口、出生率、純移動率を設定し、コーホート要因法を用いて将来推計を行う。本研究では2035年までは国立社会保障・人口問題研究所が算出した市区町村人口⁴⁾を採用する。それ以降は、同研究所の平成20年12月推計の方法に従い、2055年まで、男女・年齢(5歳階級)別将来人口を5年おきに推計する。各年時における市区町村人口の合計値は、全国推計(出生中位・死亡中位)の値と一致するよう、一律補正を行ったものを推計結果とする。

歳入、歳出、旅客交通起源CO₂排出量は、人口と都市域面積(可住地面積・DID面積)の変化が与える影響を考慮し推計する。

(2) 財政モデル

a) 歳入

市区町村歳入のうち大きな割合を占める税目である、地方税(個人住民税、法人住民税、固定資産税、たばこ税)、歳入に占める割合が大きい国庫負担金、都道府県支出金の一部についてコブ・ダグラス型関数の推計モデルを構築する(式(1))。

$$\ln T_i = \sum_j \alpha_{ij} \cdot \ln x_{ij} \tag{1}$$

ここで、 T_i ：市区町村*i*の税目・国庫負担金、 x_{ij} ：説明変数、 α_{ij} ：パラメータ

また、地方交付税についても基準財政需要額と基準財政需要額をモデルで推計することで算出する。基準財政収入額は地方税の各税目による重回帰分析を行い、基準財政需要額は橋本⁵⁾の方法を用いて推計する。これらの税目・支出金の合計は各市区町村における歳入全体の約7割程度となる。その他の各税目・支出金は歳入に占める割合が小さいため、推計モデルは構築せず、将来予測にあたっては、モデルで推計した歳入項目の合計値によって、基準年の値から比例的に変化させるものとする。また、地方債の発行については、発行額が年度ごとに大きく変動するため推計の対象外とする。

b) 歳出

市区町村歳出として、議会費、総務費、民生費、衛生費、土木費、消防費、教育費を対象とする。推計モデルは歳入税目のモデルと同様にコブ・ダグラス型関数とする。民生費については、歳出全体に占める割合が相対的に大きく、また、児童福祉費、老人福祉費、社会福祉費、生活保護の細目ごとに十分な決定係数が得られるため、細目別に推計モデルを構築する。図-1に市区町村歳入・

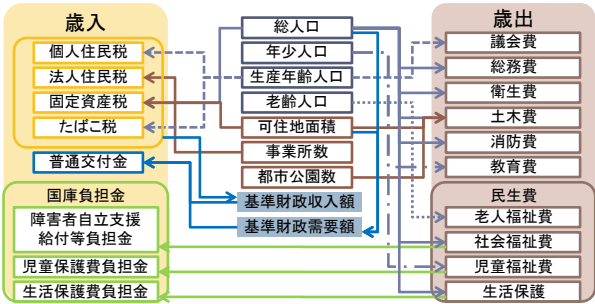


図-1 財政推計項目

表-1 エネルギー効率の設定

	エネルギー/車両	改善率[%]
WtT 効率	ガソリン・軽油	100
	電力	200
TtW 効率	ガソリン車・ハイブリッド車	160
	電気自動車	136
	鉄道(電化)	115

表-2 車種別走行起源CO₂排出原単位

車種	原単位[g-CO ₂ /台 km]
乗用車	160
バス	845

歳出の推計対象項目と説明変数の関係を示す。

(3) 旅客交通起源CO₂排出量推計モデル

CO₂排出量推計の対象輸送機関として、乗用車、鉄道、バスを考える。排出量は各輸送機関の排出原単位を車両走行距離に乗じて算出する。将来推計にあたっては、乗用車について保有台数と1台あたり走行距離をモデルによって推計する。具体的な計算は既報⁶⁾に従うものとする。また、車両のCO₂排出原単位をシナリオによって外生的に与えることで車両技術・燃費の改善を考慮する。

(4) 車両・燃料技術シナリオの設定

車両・燃料技術シナリオとしては低環境負荷車両の普及を反映させる。低環境負荷車両は超長期エネルギー技術ロードマップ報告書⁷⁾を参考にハイブリッド車と電気自動車の2種類が普及すると仮定する。各輸送モードの走行起源 CO₂排出量は、使用燃料・エネルギーの生産から車両供給まで(Well to Tank: WtT)と走行時(Tank to Wheel: TtW)に分けて考え、既報⁷⁾¹⁰⁾から、それぞれの効率の改善率を設定する(表-1)。

自家用乗用車・バスのCO₂排出原単位は、平均旅行速度をパラメータとする大城ら¹¹⁾による燃料消費率推計式を用いて算出する。乗用車の平均旅行速度には、道路交通センサス一般交通量調査の結果から、一般国道におけ

る混雑時平均旅行速度である36.7[km/h]を用い、バスについては、既報¹²⁾から13.0[km/h]と設定する。表-2に各車種の走行起源CO₂排出原単位を示す。

3. 持続性指標の将来推計とその解釈

本研究では市区町村別に推計を行っているが、以下では市区町村の規模別（東京特別区、政令市、中核市、特例市、市、町村）に結果を示す。

(1) 持続性指標の将来推計値

a) 人口構成

図-2に市区町村規模別の生産年齢人口・老年人口の推計結果を示す。生産年齢人口割合は、特別区を除き減少傾向が継続し、2050年においては50%前後の値に収束する。減少率は2015年～2030年に若干緩やかになる。老年人口割合はどの市区町村規模でも上昇傾向が継続し、市・町村で割合が高い。2030年以降は特別区や政令市の老年人口割合が急速に増加し、2055年では特別区が最も老年人口割合が高い区分となる。

b) 自治体歳入・歳出

図-3では市区町村規模別に歳出額と歳入額の比を示している。歳入、歳出の推計値はともに人口減少、人口構成変化の影響によって減少するが、交付税を除外すれば、歳入に対する歳出の割合は増大する。また、人口規模の小さい市区町村ほど、普通交付税の割合が高いことがわかる。

c) 旅客交通起源CO₂排出量

旅客交通起源CO₂排出量の削減は、交通需要の減少と、車両・燃料技術の向上によって減少する。図-4にCO₂排出原単位を一定とした場合と合わせて、旅客交通起源CO₂排出量の推計結果を2005年比で示す。旅客交通起源CO₂排出量のうち、9割程度が乗用車を起源とする排出量であり、乗用車の車両走行kmの減少が総排出量に大きく影響している。人口規模の小さい市区町村では、旅客交通起源CO₂排出量の削減幅が大きい。各輸送機関の走行起源CO₂排出原単位の改善を見込む場合には、2055年における排出量は市区町村規模に応じて2005年比20%～40%まで減少する。

(2) 市区町村の持続性評価

推計した生産年齢人口、財政、旅客交通起源CO₂排出量をそれぞれ社会、経済、環境の持続性指標に変換し、市区町村の持続性評価を行う。

a) 社会指標

各市区町村と全国との生産年齢人口変化率の比を用いる(式(2))。値が1であれば、市区町村の生産年齢人口変

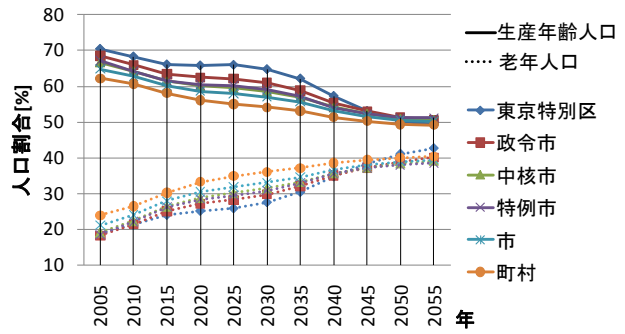


図-2 人口構成推計結果

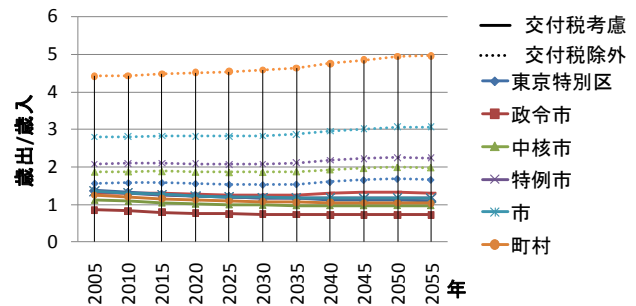


図-3 歳出額／歳入額推計結果

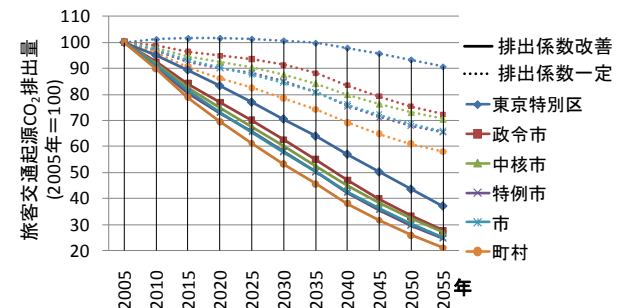


図-4 旅客交通起源CO₂排出量推計結果

化率が日本全体の変化率と同率となっていることを示す。値が0であれば市区町村の生産年齢人口が0人となることを示す。

$$I_{p,i} = \frac{P_{n,i}/P_{2005i}}{P_{n,J}/P_{2005J}} \quad (2)$$

ここで、 $I_{p,i}$ ：市区町村 i の持続性指標(生産年齢人口)、 $P_{n,i}$ ： n 年における市区町村 i の生産年齢人口、 $P_{n,J}$ ： n 年における日本の生産年齢人口

b) 経済指標

経済の評価指標としては、自治体の歳出と歳入の比の変化率をとる。基準年は2005年とする(式(3))。値が1であれば歳入額に対する歳出額が2005年度と同様に保たれていることを示す。

$$I_{f,i} = \frac{AR_{n,i}/AR_{2005i}}{AE_{n,i}/AE_{2005i}} \quad (3)$$

ここで、 $I_{f,i}$ ：市区町村 i の持続性指標(財政)、 $AE_{n,i}$ ：市区町村 i の n 年度歳出額、 $AR_{n,i}$ ：市区町村 i の n 年度歳入額

c) 環境指標

分母に基準年排出量と CO_2 排出量目標値の差、分子に基準年排出量と評価年排出量の差の比をとる(式(4))。値が 1 であれば目標値を達成したことになる。値が 0 であれば CO_2 排出量が 2005 年から削減されていないことを示す。2050 年における日本の CO_2 目標排出量は基準年である 2005 年の 20% と設定し、1 人あたり排出量が一定になるように各市区町村の CO_2 目標排出量を設定する。

$$I_{c,i} = \frac{E_{2005i} - E_{n,i}}{E_{2005i} - ET_i} \quad (4)$$

ここで、 $I_{c,i}$ ：市区町村 i の持続性指標(旅客交通起源 CO_2 排出量)、 $E_{n,i}$ ： n 年における市区町村 i の旅客交通起源 CO_2 排出量、 ET_i ：市区町村 i の旅客交通起源 CO_2 目標排出量

図-5 に 2030 年、2050 年における持続性指標の算出結果を示す。社会指標については、特別区や政令市で 1 以上となるのに対し、町村では 1 を下回り続ける。また、都市部に比べて、郊外部や地方都市の生産年齢人口がより急激に減少することがわかる。経済指標については、どの人口規模の市区町村でも 1 を下回り、財政悪化が進むと予測される。環境指標は 2030 年においては、相対的に低い。これは、主に車両・燃料技術の革新が十分進んでいないためであり、革新の進んだ 2050 年ではすべての区分で値が増加している。ただし、人口規模による格差も拡大している。人口規模の小さい市区町村では、乗用車に依存した交通形態を有しているため、乗用車の燃費向上以上に CO_2 排出量を削減することが困難となることわかる。

以上から、市区町村の持続性は、社会指標については町村部で大きな減少(生産年齢人口の急減)、経済指標については全体的に低下傾向(財政悪化)、環境指標については技術進歩に対する依存が大きく、2050 年の値は 2030 年と比較して大きく向上するものの、1 を上回る(目標値達成)のは特別区のみであることが分かった。どの観点からも、人口規模が大きいほどその低下が抑制される傾向がうかがえる。

4. 持続性改善施策の効果

そこで次に、財政悪化を避ける施策である都市域縮退、旅客交通起源 CO_2 排出量を削減する施策である公共交通

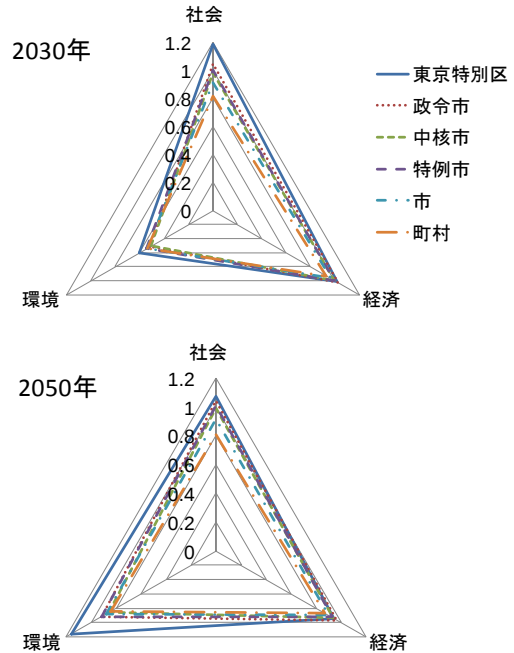


図-5 旅客交通起源 CO_2 排出量推計結果

充実による交通行動の変容を取り上げる。これらの施策を実施した場合、市区町村の持続性にどの程度の改善がみられるか検討する。なおシナリオには、乗用車の車両・技術改善をあらかじめ組み込むものとする。

(1) 鉄軌道導入シナリオ

鉄道やバスに代表される乗合輸送機関は、1 車両(あるいは編成あたり)の輸送人数が大きい場合、輸送量(人 km)あたり CO_2 排出量は乗用車よりも小さい値となりうる。この観点から、地域の旅客交通体系の中に鉄軌道新規導入することは、導入した輸送機関に生じる需要量の大きさによっては、環境持続性の低下を抑制する施策として成立しうる可能性がある。

ここでは、人口集中地区(DID)が存在する市区町村において、鉄軌道(鉄道もしくは LRT)の新規導入を検討する。鉄軌道を全国で 10,000km 整備するとして、路線延長を DID 面積に比例して配分する。検討対象を DID が存在する市区町村に限定するのは、ここで想定する施策が功を奏するには、鉄軌道の乗車人 km あたり CO_2 排出量が乗用車のそれよりも小さくなるために十分な需要量が発生している必要があり、そのような地域は人口が集中している必要があるからである。なお、DID が存在する市区町村は 2005 年時点で 914 である。

また、整備時期の違いに関しては考慮しないものとし、輸送機関が導入された場合に所定の輸送需要が生じると考える。

導入による持続性指標への影響として、CO₂排出量の方に注目する。導入後の排出量は以下の手順により算出する。

まず、導入する輸送機関の輸送密度を、長田¹³⁾によるDID人口密度を説明変数とした回帰式を援用し導出する。その際、鉄道統計年報(国土交通省¹⁴⁾)より、既存路線の輸送密度と車両運行本数の関係を回帰モデルによって推計し、得られた輸送密度に適用することで車両運行数を推計する。得られた輸送密度に導入距離を乗じて輸送機関の輸送人 km を算出し、これが既存乗用車の走行から転換すると仮定する。ただし、走行量すべてが転換するのではなく、上限として既存の乗用車による移動人 km の3割までが転換するものとする。

今後整備する路線の場合、走行によるCO₂排出量に加えて、インフラ整備や車両製造に伴うCO₂排出も生じるため、それらも含めて算出する必要がある。ここでは、長田ら¹³⁾による、鉄道路線1kmから建設・維持補修を起源として発生するCO₂排出量、鉄道車両1車両の製造を起源として発生するCO₂排出量を路線延長に乗じて算出する。以上の方法により算出した、鉄道・バス・乗用車の各排出量を合算し旅客交通起源CO₂排出量とする。

以上の方法を用いた、DIDの存在する市区町村における旅客交通起源CO₂推計結果を、その人口規模別の平均値をとって示す。図-6に鉄軌道導入による旅客交通起源CO₂排出変化量を示す。導入によりCO₂排出量が削減されることが示されるが、町村においては削減効果が小さい。それ以外の地域でも、導入時期が遅くなるほどCO₂排出量の削減効果は小さくなる。

LRTを導入機関とする場合、鉄道を導入する場合より削減効果は小さい。ただし、特別区においては鉄道と同等のCO₂削減が可能である。

(2) 都市域縮退シナリオ

都市域の縮退は、都市の維持費用の削減につながると同時に旅客交通起源CO₂排出量を削減しようと考えられるため、これを実施した場合における財政、旅客交通起源CO₂排出量を推計する。ここでは、2015年度以降の5年毎に可住地面積が2%縮退していくとしてシナリオを設定する。

図-7に都市域縮退による自治体の歳入と歳入の変化を示す。歳入は都市域の縮退と共にわずかに増加する。これは固定資産税が増加するためである。既存の都市域縮退施策は、行政コストの削減を主な目的としているが、都市域の縮退は効率的な土地利用を進めることになるため、固定資産税の増収にもつながるといえる。

歳出は都市域の縮退と共に土木費が圧縮されるため、年を追うごとに総額の削減につながっている。減少額は、歳入の増加額より2オーダー大きい。

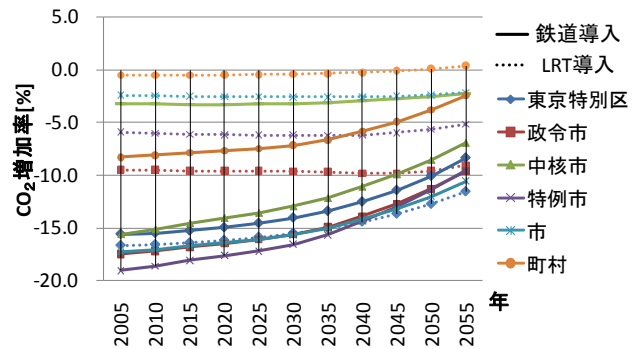


図-6 鉄軌道導入によるCO₂排出変化量

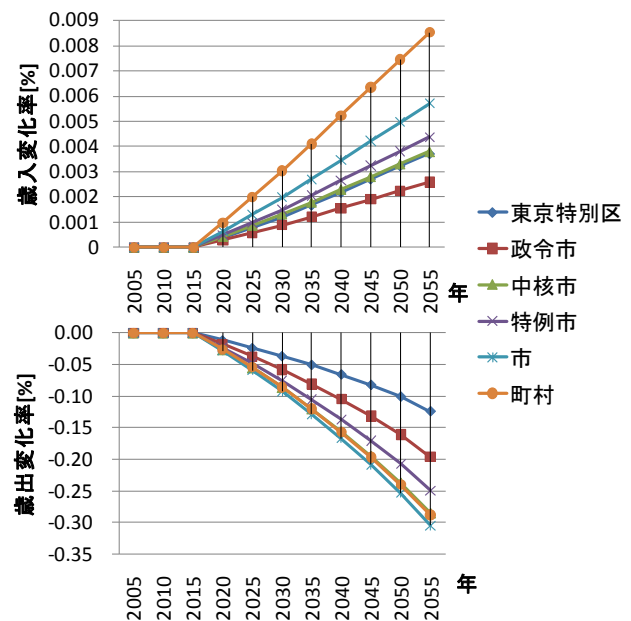


図-7 都市域縮退による歳入額・歳出額の変化

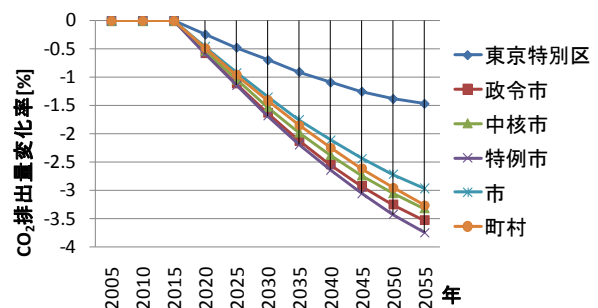


図-8 都市域縮退による旅客交通起源CO₂排出量の変化

図-8に都市域縮退による旅客交通起源CO₂排出量の変化率を示す。都市域縮退によって乗用車走行距離が削減され、人口密度増加によって乗用車保有台数が減少されるため排出量は削減される。

(3) 持続性改善シナリオの比較

旅客交通起源CO₂排出量について、鉄軌道導入シナリ

オと都市域縮退シナリオによる推計結果を比較する。鉄軌道導入は、将来の乗用車の技術革新、人口減少による輸送需要の減少などから鉄軌道のCO₂排出原単位が乗用車よりも優位とならないために、削減効果が小さくなり、場合によってはCO₂排出量が逆に増加する場合があることがわかる。一方、都市域の縮退を行う場合は、その程度が大きいほど排出量の削減につながる。また、鉄軌道導入は整備時期が早いほど、その削減効果は大きくなるといえる。これに対して都市域の縮小は乗用車需要量そのものを削減するため、縮小時期による効果の違いは小さい。

5. 結論

本研究では、全国の市区町村を対象に経済・社会・環境それぞれの代表指標の長期的変化をマクロ的に推計する方法を開発し、それを用いて市区町村の持続性を評価するモデルを構築した。

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 少子高齢化と人口減少が進展することにより税収と財政需要は共に減少するが、市区町村の財政難は少しずつ悪化していく。
- 2) 財政悪化は人口減少の急激な地方中小都市において急激に進む。
- 3) CO₂排出量は人口減少を主な原因として減少する。将来の削減目標値を2005年から80%削減とした場合、人口減少が比較的緩やかな都市部において目標達成が困難となる。
- 4) 鉄軌道の導入は、鉄軌道の排出原単位がある程度小さい場合には、CO₂排出量を削減しうる。しかし、将来の乗用車の技術革新、人口減少による輸送需要減少などから鉄軌道のCO₂排出原単位が乗用車よりも優位とならなくなるために、削減効果が小さくなる。
- 5) 都市域の縮退は、財政とCO₂排出量の持続性低下に一定の効果を発揮する。

謝辞：本稿は、環境省・環境研究総合推進費(S-6-5)「アジアにおける低炭素交通システム実現方策に関する研

究」の支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 森地茂編著：人口減少時代の国土ビジョンー新しい国のかたち「二層の広域圏」，日本経済新聞社出版局，2005.
- 2) 総務省統計局：統計で見る市区町村の姿 2008，2008.
- 3) 総務省：平成 20 年度市町村別決算状況調，
http://www.soumu.go.jp/iken/zaisei/h20_shichouson.html，(2011/5/2 閲覧).
- 4) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の市区町村別将来推計人口ー平成 20 年 12 月推計ー平成 17(2005)～47(2035)年ー，2009.
- 5) 橋本恭之：地方交付税の諸問題，都市問題，89(1)，pp.45-52，1998.
- 6) 伊藤圭，加藤博和，柴原尚希：日本における地域内旅客交通 CO₂ 大幅削減のための乗合輸送機関導入必要量の算定，土木計画学研究・講演集 Vol.42，CD-ROM，2010.
- 7) エネルギー総合工学研究所：超長期エネルギー技術ロードマップ報告書，エネルギー総合工学研究所：研究成果，
<http://www.iae.or.jp/research/result/cho06.html>，2006.
- 8) トヨタ自動車：環境報告書 2002，2002.
- 9) 三菱自動車：テクニカルレビュー2008，2008.
- 10) 近藤稔：モーターの効率を上げる，技術情報誌，Vol.66，No.3，pp.10-13，2009.
- 11) 大城温，松下雅行，並河良治，大西博文：自動車走行時の燃料消費率と二酸化炭素排出係数，土木技術資料，Vol.43，No.11，pp.50-55，2001.
- 12) 国土交通省総合政策局交通計画課：地域公共交通の活性化・再生への事例集，BRT 並みの機能を持たせたバス路線の構築，http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/pdf/057_nagoya.pdf，2008.
- 13) 長田基広，渡辺由紀子，柴原尚希，加藤博和：LCA を適用した中量旅客輸送機関の環境負荷評価，土木計画学研究・論文集，Vol.23 no.2，pp.355-363，2006.
- 14) 国土交通省鉄道局：平成 17 年度鉄道統計年報，2005.