

日本の運輸部門における二酸化炭素 排出削減手法と都市の将来像に関する研究

野田 和雅¹・井村 秀文²・白川 博章³・東 修⁴・大西 暁生⁵

¹非会員 名古屋大学環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

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

²正会員 工学博士 名古屋大学環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

³正会員 博士(学術) 名古屋大学環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

⁴正会員 博士(工学) 名古屋大学環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

⁵正会員 博士(環境) 名古屋大学環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

運輸部門のCO₂削減に効果的に取り組むために都道府県ごとの地域特性を考慮する必要がある。既存の研究ではCO₂排出量を推計する式の構築は様々にされているが現状と傾向を要因分析を用いて把握したものは見当たらない。そのため本研究では経年変化を追い、CO₂排出量を燃費、一台当たり走行距離、一人当たり保有台数、人口に要因を分け、要因分析を行い都道府県ごとの特徴を把握した。また、CO₂排出量に影響の強い要因の分析を行い、燃費には軽自動車比率や道路実延長、保有台数には都市の郊外化が影響あることを明らかにした。また、CO₂排出における都道府県ごとの要因の大きさによる違いによりグループ分けを行った。グループごとの特徴に合わせ対策を考え、政策を提言した。

Key Words: CO₂ emission, transportation, elemental analysis, urban planning

1. はじめに

京都議定書の第一約束期間(2008年~2012年)において、日本は1990年に比べ6%の温室効果ガスを削減する義務がある。しかし、2005年度の排出量は二酸化炭素換算で1990年度から7.7%増の13億5900万トンとなっており、目標達成は非常に難しい状況となっている。そのため温室効果ガスの削減対策が早急に必要であるとされている。運輸部門における二酸化炭素排出量の伸びは他部門に比べて大きく、中でも自動車の割合が高くなっている。自動車部門の中でも旅客における割合が年々大きくなり問題視されている。運輸部門における二酸化炭素排出量の削減可能性は様々な角度から検討が行われており、自動車の使い方を見直しを含めた地域的な取り組みの重要性が指摘されている。また都道府県においても運輸部門からの二酸化炭素を削減する対策が行われているが都道府県においてその対策に大きな差はなく、地域特性が加味されていないのが現状である。そのため二酸化炭素削減効果の低い政策に余分に投資している可能性も否定できない。

そこで本研究は旅客・自動車部門について都道府県ごとに二酸化炭素排出の要因分析を行い、それぞれの経年変化に着目した。その結果をもとに、都道府県でグループ分けを行い、特徴に合った政策・方法を提言することによって二酸化炭素排出の削減可能性を検討することを目的とした。

また、このことを踏まえた上で地域単位における例として、中京都市圏、名古屋市における自動車依存脱却のための都市の在り方についての検証を行った。

2. 自動車からの二酸化炭素排出量の要因分析

現在、わが国の旅客・乗用車部門での二酸化炭素排出量が増加している。その中でディーゼル車の自動車台数は年々減少傾向にある。また、旅客・ガソリン乗用車部門で自動車からの二酸化炭素排出量は半分以上占めることが分かっている。これらの背景を踏まえて、本研究では旅客・ガソリン乗用車部門において要因分析を行うことにする。自動車からの二酸化炭素排出量は燃料消費量に排出係数と発熱量を乗じて求める方法を利用した。他

には走行台キロに車種別排出係数を乗じて求める方法があるが燃料種別の走行台キロや車両重量等の車格構成が都道府県別に調べるのが困難なため燃料消費量から二酸化炭素排出量を求める方法を用いた。

要因分析においてガソリン販売量を次式のように表す。

$$F_{ik} = \frac{F_{ik}}{DK_{ik}} \times \frac{DK_{ik}}{CN_{ik}} \times \frac{CN_{ik}}{P_{ik}} \times P_{ik}$$

i : 都道府県, k : 年, F : ガソリン販売量, DK : 走行台キロ, CN : 自動車保有台数, P : 人口

ここで右辺第一項は燃費を表す。二酸化炭素削減の観点から、本項は自動車会社の技術向上や渋滞緩和による改善方法などの指標として考えられる。第二項は一台当たり走行距離を表す。個人の自動車の使用頻度や長距離運転などの指標が考えられる。例えば、自動車利用より電車やバス等の代替輸送機関の魅力向上により、走行距離を短くすることができると考えられる。第三項は一人当たり保有台数を表す。走行距離と同じように代替交通機関の充実や保有税を上げる等によって保有台数を減らすことができると考えられる。

ガソリン販売量は各都道府県でデータが得られた。ただし、ガソリンが旅客乗用車で使用されたのか、あるいは、貨物自動車で使用されたのかの判別が困難であった。そのため自動車輸送統計年報より運輸局別の車種別燃料消費量を用い、旅客乗用車で消費したガソリン量を按分した。

$$A1_{ik} = B1_{ik} \times \frac{C1_{jk}}{(C1_{jk} + D1_{jk})}$$

i : 都道府県, j : 地方運輸局, k : 年, $A1$: 旅客自動車におけるガソリン消費量(都道府県別), $B1$: 全ガソリン販売量, $C1$: 旅客自動車におけるガソリン消費量(地方運輸局別), $D1$: 貨物自動車におけるガソリン消費量(地方運輸局別)

走行台キロについては、各年では運輸局別のデータのみ確認できた。このため、運輸局別のデータをその年に一番近い交通センサスによる都道府県別の走行台キロを使い按分した。

$$A2_{ik} = B2_{jk} \times \frac{C2_{il}}{D2_{jl}}$$

i : 都道府県, j : 地方運輸局, k : 年, l : k に最も近い

交通センサスの行われた年, $A2$: 旅客自動車における走行台キロ(都道府県別), $B2$: 旅客自動車における走行台キロ(運輸局別), $C2$: 交通センサスの旅客自動車の走行台キロ(都道府県別), $D2$: 交通センサスの旅客自動車の走行台キロ(運輸局別)

要因分析を行うために都道府県別に旅客・ガソリン自動車について燃費、一台当たり走行台キロ、一人当たり保有台数の経年変化を求めた。

燃費(第一項)における都道府県ごとの経年変化の結果を見ると各都道府県で様々な結果が得られた。全体としては近年、燃費は改善傾向にあるが1990年に比べ燃費が良くなった県は13県であり、一番悪化した県になると約1.8倍となった。2005年時点での燃費を比べると東京や大阪など大都市を持つ都道府県が全国平均に比べ悪く、東北や山陰などの過疎が進んでいる地域で燃費が良いという結果が得られた。

一台当たり走行距離(第二項)における都道府県ごとの経年変化の結果を見ると全国で減少傾向となっている。全国でおおよそ1990年の七割~八割に減少している。2005年時点での一台当たり走行距離を比べると東北や山陰地方などでは走行距離が長く、東京、大阪など都市部では短いという結果が得られた。特に埼玉が他県に比べ非常に短かった。

一人当たり保有台数(第三項)における都道府県ごとの経年変化の結果を見ると全国で大幅に増加している。特に大きく増加した県は1990年に比べ二倍以上となっている。2005年時点での一人当たり保有台数を比べると東北や山陰地方では保有台数が多く、東京、大阪など都市部では少ないという結果が得られた。特に東京では全国平均の半分ほどとなった。

人口(第四項)における都道府県ごとの経年変化の結果を見ると都市部では増加しているが東北や山陰地方などでは減少している。人口については国立社会保障・人口問題研究所が都道府県の将来人口の推計を大々的に行っており2025年以降は全県で減少するとされている。

これら各要因の結果より二酸化炭素排出量への影響の大きさを見てみると、都道府県によって差はあるものの、一人当たり保有台数の要因が大きく影響することがわかった。特に東北や山陰では他の要因と比べ、圧倒的に一人当たり保有台数の要因が大きい値となった。その他には、大都市では燃費の要因の影響も大きかった。特に東京と神奈川では他の要因より燃費が一番大きくなった。

表1 要因分析結果

燃費	一人当たり走行距離	一人当たり保有台数
全国 1.166	全国 0.790	全国 1.674
和歌山県 0.783	福島県 0.691	東京都 1.149
佐賀県 0.906	沖縄県 0.694	神奈川県 1.350
千葉県 0.909	石川県 0.713	大阪府 1.464
奈良県 0.911	岩手県 0.713	京都府 1.474
福井県 0.917	青森県 0.72	埼玉県 1.567
...	...	...
岡山県 1.354	和歌山県 0.817	島根県 2.065
香川県 1.387	北海道 0.823	新潟県 2.068
大阪府 1.428	秋田県 0.835	秋田県 2.156
三重県 1.657	山形県 0.854	岩手県 2.171
東京都 1.870	東京都 0.859	青森県 2.172

2005/1990年の値

3. 要因についての分析

各種社会属性値を指標とし 2005 年の値で単回帰分析を行い、一人当たり保有台数との関連性について調べた。結果、高い相関がとれたのは DID 人口密度、大型小売店舗の郊外店率、交通費における自動車関係費割合、可住地面積人口密度であった。

表2 回帰分析結果

指標	相関係数
DID 人口密度	-0.848
大型小売店舗の郊外店率	0.836
交通費における自動車関係費割合	0.813
可住地面積人口密度	-0.738

DID 人口密度は負の相関となった。DID 人口密度が高い県の方が一人当たり保有台数は少なくなる。大型小売店舗の郊外店率は正の相関となった。大型小売店が郊外に増えると保有台数も増えることとなる。交通費における自動車関係費割合は正の相関となった。自動車関係費が増えれば保有台数も増えることとなる。可住地人口密度は負の相関となった。DID 人口密度と同じく人口密度が高い県が保有台数は少ないという結果になった。

この結果から都市の郊外化を表す指標と高い相関がとれることが分かった。つまり、都市の郊外化が進めば自動車保有台数は増える。

なお、道路に関する指標では、道路整備率が高いと自動車利用が便利になることから、一人当たり保有台数に影響が大きくなると考えられたが今回の分析結果ではある程度の相関はとれたが、DID人口密度や大型小売店の郊外店率ほど大きな影響があるとは言えなかった。相関

係数は一人当たり道路距離が0.59となった。一人当たり道路面積が0.42となった。

郊外化の代表的な指標として大型小売店の郊外店率を使用し、保有台数との経年変化を都道府県ごとに比較・検討した。

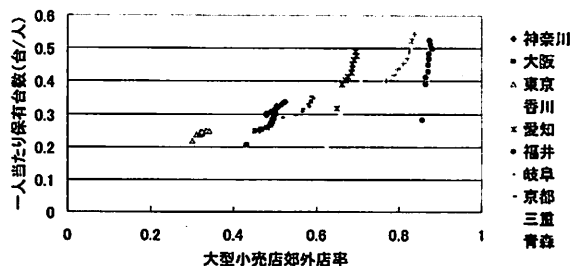


図3 大型小売店率 1996～2005 年の経年変化

上図は代表的な都道府県の1996年から2005年までの一人当たり保有台数と大型小売店の郊外店率の関係を示したグラフである。これを見ると、従来から大型小売店の郊外店率が低かった県は、一人当たり保有台数の伸び率は低いことがわかった。また1995年時点の大型小売店の郊外店率が高かった県では、郊外店率は伸びていないが、保有台数は大きく伸びている。具体的な伸び率を下表に示す。伸び率は2005年と1996年を比較したものである。これより郊外店率が伸びていくことももちろん影響があるがそれ以上に郊外店率の割合自体が大きく影響すると考えられる

表4 郊外店と保有台数の伸び率(2005/1996)

	郊外店率の伸び率	保有台数の伸び率
京都	1.14	1.22
三重	1.06	1.38
福井	1.02	1.86
東京	1.12	1.15
大阪	1.15	1.43
青森	1.14	2.10

燃費についても同様に各種社会属性値を指標とし2005年での値で単回帰分析を行った。結果、高い相関がとれたのは乗用車に占める軽自動車比率、一人当たりGDP、一人当たり道路延長となった。

表5 回帰分析結果

指標	相関係数
乗用車に占める軽自動車比率	-0.725
一人当たり GDP	0.592
一人当たり道路実延長	-0.611

乗用車に占める軽自動車比率は負の相関となった。軽自動車比率があがると燃費は改善されることがわかった。軽自動車は他の排気量の大きい自動車に比べ燃費が良いので、軽自動車の比率が上がれば燃費は良くなることが考えられる。

一人当たり GDP は正の相関となった。GDP が増えると燃費は悪化していくことが分かった。これは、所得が上がると高級車などの排気量の大きい自動車に乗る余裕ができ、燃費が悪い自動車が増えることによって相対的に燃費の悪化につながると考えられる。

一人当たり道路実延長は負の相関となった。道路実延長が伸びると燃費は改善されることが分かった。これは、道路延長が伸びれば渋滞が緩和され、平均速度が向上し燃費が良くなると考えられる。

4. グループごとの分析

要因分析の結果より、燃費と一人当たり保有台数の要因が大きく二酸化炭素排出量に大きな影響を与えていることが分かった。よって燃費と一人当たり保有台数について全国平均と比べ、大小で四つのグループに分けた。

「グループ1：燃費・保有台数対策型」、「グループ2：保有台数対策型」、「グループ3：燃費対策型」、「グループ4：環境良化型」とした。

強いものが見られる。このような県では燃費の対策が急がれる。

また、2005年における一人当たり二酸化炭素排出量の値と1990年比をグラフにまとめたものを下図に示す。縦と横の線は全国値である。

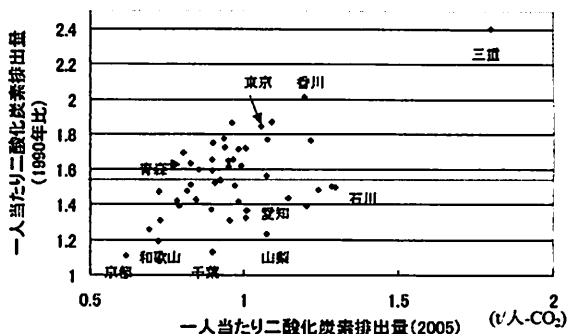


図7 一人当たり二酸化炭素排出量について

5. 考察

(1) 保有台数に対する対策

2での各要因の結果より、保有台数を減らす対策が必要である。つまり自動車に頼らずに他の輸送機関で移動できるまちづくりが求められる。特に地方都市や過疎地域では自動車を持っていないとどこへも行けないという環境になっていると考えられ、乗用車の世帯当たり保有台数が一台以上となっている。このことは3での要因分析で都市の郊外化との相関が強く示されたことから見て取れる。これらより一人当たりの保有台数を減らす対策として、まず都市の郊外化を防ぐことが必要となる。そのためにはまず、大型小売店の郊外立地を抑制しなければならない。大型小売店の郊外立地を防ぐためにはまちづくり三法の見直しによる規制の強化や、住民の意識を向上させるなどが考えられる。また中心市街地に魅力や交通アクセスの利便性などが高くなればわざわざ郊外のショッピングセンターに行く必要がなくなり、自動車に頼る必要もなくなると考えられる。つまり、政策としては公共交通機関のサービス範囲と質の向上、公共公益施設の中心地立地などに力を入れていく必要がある。このことは道路延長とも相関が取れることから見て取れ、道路延長を増やしすぎると車依存が進んでしまうと考えられるため、渋滞対策などに道路整備は必要と考えられるが、保有台数が伸びすぎている県では、道路整備をする代わりに公共交通機関の整備、利用促進が有効な対策といえるだろう。

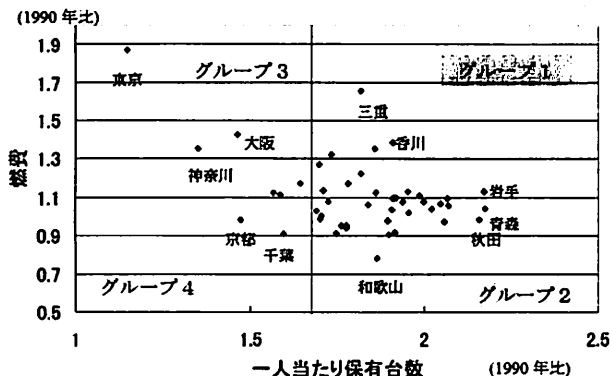


図6 グループ分け一覧

結果、一人当たり保有台数・燃費の両方が全国値よりも高い、最も悪いグループ1には三重、香川など七県が属した。

また、反対に最も良いグループ4には京都や千葉など四県が属した。

半数以上の県がグループ2に属した。つまり、一人当たり保有台数の要因が大きく燃費の要因が小さい県が多数であるので保有台数の対策の効果が最もあると考えられる。グループ3は大都市が多く、極端に燃費の要因が

(2) 燃費に対する対策

大都市では燃費の要因が大きく影響している。これは渋滞などによる走行速度の低下や所得の多い地域では排気量の大きい自動車が高くなるといったことが考えられる。本研究の統計解析の範囲においては乗用車に占める軽自動車比率が高いほど、一人当たりGDPが低いほど、一人当たり道路実延長が長いほど燃費は良くなることが示されたが、一人当たりGDPを下げることは経済が成長しない。よって軽自動車や道路実延長を伸ばす対策が有効であると考えられる。

国レベルの政策では全自動車の燃費向上のために燃費基準の規制強化や低燃費車開発のための研究開発費支援などを行うことで自動車自体の燃費性能を向上させ、燃費を良くすることができると考えられる。

また、直接の燃費対策ではないが、ガソリン消費を抑えるためにバイオエタノールの普及や燃料電池車、電気自動車の普及促進が考えられる。そのために水素ステーションなどのインフラ整備、技術開発のための支援が必要である。

都道府県の政策としては軽自動車や低公害車・低燃費車の普及を促すために、排気量の大きい自動車に高い税金をかける、もしくは低燃費車などに補助金等の優遇措置を施し取得・維持を容易にするなどが考えられる。ドライバーの意識によってエコドライブ（アイドリングストップや急発進、急加速の抑止など）をするか否かで燃費は違ってくるのでドライバーの意識改革のために都道府県が主体となって講演等を行うことによって意識を高める必要がある。また、道路整備に投資することで道路実延長を伸ばすなどが考えられる。

(3) グループ別の対策

これらを踏まえ、4でのグループごとの対策を考える。グループ1の「燃費・保有台数対策型」では一人当たり二酸化炭素排出量も多くなっている県が多いので、早急に対策が急がれる。このグループでは第保有台数を抑えるために郊外化対策や燃費対策のために低燃費車の普及、道路整備、ドライバーの意識改革等を行っていく必要がある。ただし、郊外化対策はまちづくりの関係なので短期間で効果が出るわけではなく、中長期的計画となるのでまちづくりを行いつつ、現状の改善として比較早く効果が出ると考えられる。ドライバーの環境に対する意識を高めることが必要である。

グループ2の「保有台数対策型」では東北や山陰などの過疎地や地方都市が所属するグループとなっており、自動車依存のまちとなっている。そのため公共交通機関のサービス範囲と質の向上、大型小売店の郊外化を防ぐなど、都市の郊外化対策を重点的に行う必要がある。し

かし、地方都市などではショッピングセンターなどの大型小売店が地域の雇用、経済を支える形となっており郊外化を防ぐことは容易ではない。しかし、サステナブル(持続可能な)なまちづくりを考えていく必要がある。今を見るのではなく、将来を見据えたまちづくりをしていく必要がある。また、燃費は他県に比べよい県が多いので道路整備に投資する必要はあまりなく、むしろかえって道路環境が良くなると自動車の利便性が高くなり、より一層の自動車依存社会になってしまう恐れがある。

グループ3の「燃費型」では東京などの大都市が所属しており、公共交通機関は比較的充実している県が多く、郊外化の心配は他県より少ないので燃費に対する対策が必要である。道路整備を行うことによって渋滞を解消させることが必要である。所得の多い人が多く、所得の多い人は排気量の大きい自動車を好む傾向が強く、エコドライブの意識付けや低燃費車を購入させるようにさせる必要がある。また、道路整備を行うことによって渋滞を解消させることが必要である。しかし、道路整備は新たな自動車利用を促進するので、運輸部門全体で考えると望ましくない。

グループ4の「環境良化型」では他グループに比べ、燃費も保有台数も1990年比では悪化割合が低いので、現状のまま対策を行い、続けていくことが大事である。

郊外化の指標の代表としてDID人口密度を上げ、グループとの関係を分析した。

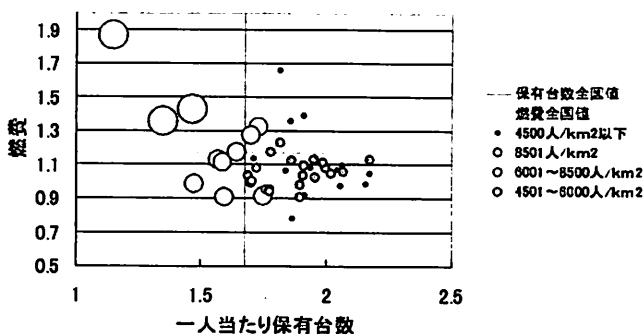


図8 一人当たり二酸化炭素排出量について

DID人口密度が6000~8500人/km²の県が環境良化型に集まっており、旅客・自動車部門からの二酸化炭素排出量において、良いまちであると言える。

またDID人口密度が大きい県では燃費が悪く、小さい県では一人当たり保有台数が大きくなるという結果となった。

ここで谷田ら(2007)の研究結果より、DID人口密度が6000人/km²を超えるとLRTのライフサイクルCO₂が鉄道の走行時における二酸化炭素排出量を下回り、導入効果の高さを示している。また、バスの輸送人員の変化と

DID人口密度を比べてみるとDID人口密度が高い方が減少していないという結果となった。これらの結果より、DID人口密度が大きくなれば運輸部門からの二酸化炭素排出量は削減できると言える。

DID人口密度が8500人/km²を超えると燃費が悪くなるという結果がでたので、旅客・自動車部門からの二酸化炭素排出量を考えると8500人/km²以下に抑えることが望ましいと言える。

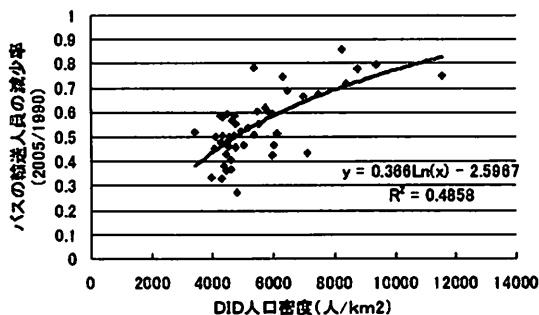


図9 バスの輸送人員とDID人口密度との関係

6. 中京圏及び名古屋市における検討

本研究におけるグループ分けを東海三県に適応した場合、三重県はグループ1の燃費・保有台数型、岐阜県はグループ2の保有台数型、愛知県はグループ4の環境良化型に対応し、それぞれの特性にあった対策を取ってゆることが考えられるが、それぞれの県についてよりミクロな視点で見るとよりきめ細やかな対策が見えてくる。愛知県においては100m道路に代表されるように全国的に見ても道路整備が行き届いた場所であるという土地柄より、渋滞による燃費悪化という影響は出にくいものの、パーソントリップ調査等の結果により、他の東京、大阪都市圏と比較して自動車への依存度が非常に高いという問題点があり、その是正が必要である。

また、名古屋市内に目を移してみると、中区や中村区といった市の中心部において自動車保有台数の増加が大きいという特徴が見て取れる。他県における郊外化といった特徴と異なるという見方も可能である。

データの取り方を改善し、より細かく、地域特性にあ

わせた対策をたてられるような分析方法の確立が今後の課題と言えよう。

表10 名古屋市における自動車保有台数
(1992/2007比)

	一人当たり自動車保有台数
中 区	1.253
中村区	1.109
東 区	1.099
西 区	1.086
南 区	1.066
...	
守山区	1.042
北 区	1.042
天白区	0.993
名東区	0.991
緑 区	0.942

謝辞：本研究は平成20年度地球環境研究総合推進費（課題番号：Hc-086）、「低炭素型都市づくり施策の効果とその評価に関する研究」（代表：井村秀文）によるものである

参考文献

- 1) 資源・エネルギー統計要覧，経済産業省
- 2) 自動車輸送統計年報，国土交通省
- 3) 道路交通センサス，国土交通省
- 4) 自動車保有台数月報，自動車検査登録協会の
- 5) 人口推計，総務省統計局
- 6) 国勢調査，総務省統計局
- 7) 県民経済計算，内閣府
- 8) 統計でみる都道府県の姿，総務省統計局
- 9) 全国大型小売店総覧，東洋経済新報社
- 10) 道路統計年報，国土交通省
- 11) 自転車統計要覧，自転車産業振興協会
- 12) 将来人口推計，人口問題研究所
- 13) 全国消費実態調査，総務省
- 14) 谷田一・郷智哉・加藤博和(2007)：脱温暖化社会を目指した地域類型別交通施策パッケージ提案手法，土木計画学研究・講演集No.36

A Study on Possibility in Reduction of CO₂ Emissions by Transportation Sector of Japan

Kazumasa NODA, Hidehumi IMURA, Hiroaki SHIRAKAWA, Osamu HIGASHI and
Akio ONISHI

Reduction of CO₂ emissions by transportation sector of each prefecture should consider each characteristics. Up to now, there are some formulas of the estimation method for CO₂ emissions. But there is no using elemental analysis. In this study, the factors of CO₂ emissions are divided mileage, driving distance a car and the number of possession of vehicle per person. As a result, this study showed characteristics of each prefecture, each factors are affected from indicator. All the prefectures are classified by difference of factors value. This study suggested some policy for each groups.