

論文の内容の要旨

論文題目 都市CO₂削減施策立案支援システムの開発

氏 名 李 知殷

CO₂削減は全世界的な課題であり、日本のCO₂排出量を大幅に削減するためには、各都市の状況に合わせた施策の検討が重要である。この問題意識の下に、多くの研究者が、都市においてエネルギーを消費する民生家庭部門、民生業務部門、産業部門、運輸部門のそれぞれに対して、CO₂排出量を長期予測し、CO₂削減施策のエネルギー削減効果を検討してきた。しかし一方で、CO₂削減施策の導入を行うことが、都市人口や世帯などの産業や社会の状況を変化させる、活動量が変化する効果を与えることも知られている。従って、施策の導入に伴うCO₂削減効果の実態を検討するためには、施策を適用した部門だけではなく、都市全体を網羅した総合的な検討が必要である。

この総合的な検討を行うためには、まず、活動量間の波及効果を検討可能な活動量の予測モデルが必要である。ただし、このモデルの構築においては、活動量が互いに影響を与えながら変化することを考慮することや、都市ごとにモデルの構築に利用可能なデータの種類や量が異なるために個別のモデル構築に多くの時間が必要であること、一方で都市間の影響の波及効果を検討するためには各都市モデルのシステムや変数を共通にしておく必要があること、などの困難がある。これらの問題を解決するには、各都市の独自性を反映可能であると同時に、複数都市での連携への拡張を視野に入れた一般性を持つシステム構造を構築する必要がある。

さらに、一般にCO₂削減施策として低炭素技術の普及が有効であることが知られており、具体的には導入のインセンティブとして環境補助金を利用した普及促進施策が行われており、これを対象とした施策検討も進められている。しかし従来の研究では、環境補助金の予算の上限が考慮されておらず、削減効果が過大評価されている可能性がある。実効性の高い施策検討を行うには、予算の上限を考慮した手法の構築が必須である。

他方で、上記の環境補助金の予算は、自治体が都市を運営するための財政事業の一部であることは言うまでもない。すなわち、今後の施策として環境補助金予算を確保する

ためには、財政の収入を増やすか、他の事業の支出を減らす行動が必要である。さらに財政の変化は社会・産業構造に影響し、具体的には都市の人口、世帯などの活動量が変化を受ける。

以上より、低炭素技術の導入に伴う活動量の変化効果と財政状況の制約に伴う効果を反映しつつ、都市の各部分の波及効果を考慮可能な施策の検討システムの開発が必要である。

このような背景を踏まえ、本研究では、CO₂削減施策導入に伴うエネルギー削減効果と活動量の変化効果が検討可能な都市CO₂削減施策立案支援システムを開発することを目的とした。さらに、開発したシステムの有効性を確認するために、一つの都市を選び、低炭素技術の普及に伴うCO₂削減可能量の予測を行った。

章の構成は以下のとおりである。

第1章. 序論

本章では、研究の背景を述べるとともに、既往研究の整理を行い、本研究の位置づけを述べている。また、研究の目的と構成について説明している。

第2章. 都市活動量予測モデルの構築と汎用性の検討

本章では、都市活動量予測モデルを構築し、モデルの汎用性を検討した。モデルの汎用性を検討するために、都市の人口規模と産業特徴が異なる福岡市、柏市、熊野市を選定し、活動量と部門別CO₂排出量の精度検証を行った。その結果、全ての都市で高い精度での実績値との対応が得られた。これにより、都市モデルのシステム構造と変数を共通のもののみとして、都市ごとに特殊な変数を設定せずとも、活動量間の関係を表す関数に都市の特徴を反映することで、都市の様々な活動量が精度良く計算可能であり、すなわちモデルの汎用化が可能なことを確認した。

第3章. 都市活動量予測モデルの適用性と計算精度の向上の検討

本章では、第2章で残された課題である都市活動量予測モデルの適用性の向上と計算精度の向上の検討を行った。具体的には、活動量間の関係を表す関数の同定手法の改良を行った。関数同定手法を改良した結果、1つの都市の関数の同定時間は、約147時間から約8時間に短縮された。さらに、改良した関数同定手法の計算有効性を確認するために、上記の3都市を対象として活動量とCO₂排出量の精度検証を行い、高い計算精度が得られた。すなわち、関数同定手法の改良によるモデルの適用性の向上が確認された。

次に、改良した関数同定手法を用いて、関数同定における初期条件である関数の傾きの設定の変更と計算精度の関係を検証した。変更した設定方法を用いて活動量を計算した結果、一部の活動量では計算精度が低くなることが確認され、計算精度を維持するためには、第2章までに提示した設定方法が妥当であることが示された。

また、改良した関数同定手法を用いて、関数同定の設定による計算精度の検討を行った。関数同定に利用する実績値の数や関数同定手法の解の探索範囲を変化させて計算した結果、実績値の数を減らして関数を同定しても、関数を探索する条件を変化させることで長期予測の計算を行う判断基準を満たす関数が得られた。しかし、本研究で利用可能な実績値の数は限られているため、本論文では暫定的に、利用可能な実績値を全て利用して関数を同定することとした。

第4章. 低炭素技術普及予測モデルの構築

本章では、低炭素技術普及予測モデルを構築し、モデルの精度検証と長期予測を行った。対象地域と対象技術は、過去の実績が多い柏市の戸建住宅用PV(太陽光発電)とした。モデル構築後の精度検証の結果、PV普及率の計算値が実績値とほぼ一致することを確認した。さらにPV普及率の長期予測を、普及率に影響を与えると想定される環境補助金を3種類に変化させ、各ケースに対して解析を行った。その結果、一件当たりの環境補助金が増加するほど、普及率が上がることが示された。これにより、CO₂削減施策としてPV普及促進を検討する場合、1件当たりの環境補助金の増額が有効であり、それに伴う環境補助金予算の増額が必要であることを確認した。

第5章. 財政予測モデルの構築

本章では、財政予測モデルを構築し、柏市を事例として財政予測モデルの精度検証と長期予測を行った。モデル構築後の精度検証の結果、各項目の計算値は実績値の傾向を良く捉え、高い精度の計算結果が得られた。さらに財政の長期予測を行った結果、歳出部門は2050年まで増加を続ける見込みであること、またその原因は、扶助費と投資的経費にあることが分かった。また歳入部門では、増加する歳出を賄うために、一人当たり市税の増加が必要であるという結果となった。これらの結果から、現在から推定した将来の財政状況の下で新しい補助事業を行うためには、一人当たり市税をさらに増加するなどの財政利用の変化の検討が必要であることが示された。

第6章. 太陽光発電パネルを用いた都市CO₂削減可能量の予測

本章では、前章までで開発した複数のモデルを連結し、一例として柏市のPV普及施策を対象として、都市CO₂削減施策立案支援システムの有用性を検討した。具体的には、柏市の戸建住宅へのPV普及促進施策における環境補助金予算や一件当たりの環境補助金の変化に伴う都市CO₂削減可能量の計算を行った。

第7章. 結論

本論文の内容をまとめ、今後の展望と課題についても記した。