



NIES RESEARCH BOOKLET

環境儀

NO. 71

December 2018

国立環境研究所の研究情報誌



人口分布と環境 コンパクトなまちづくり

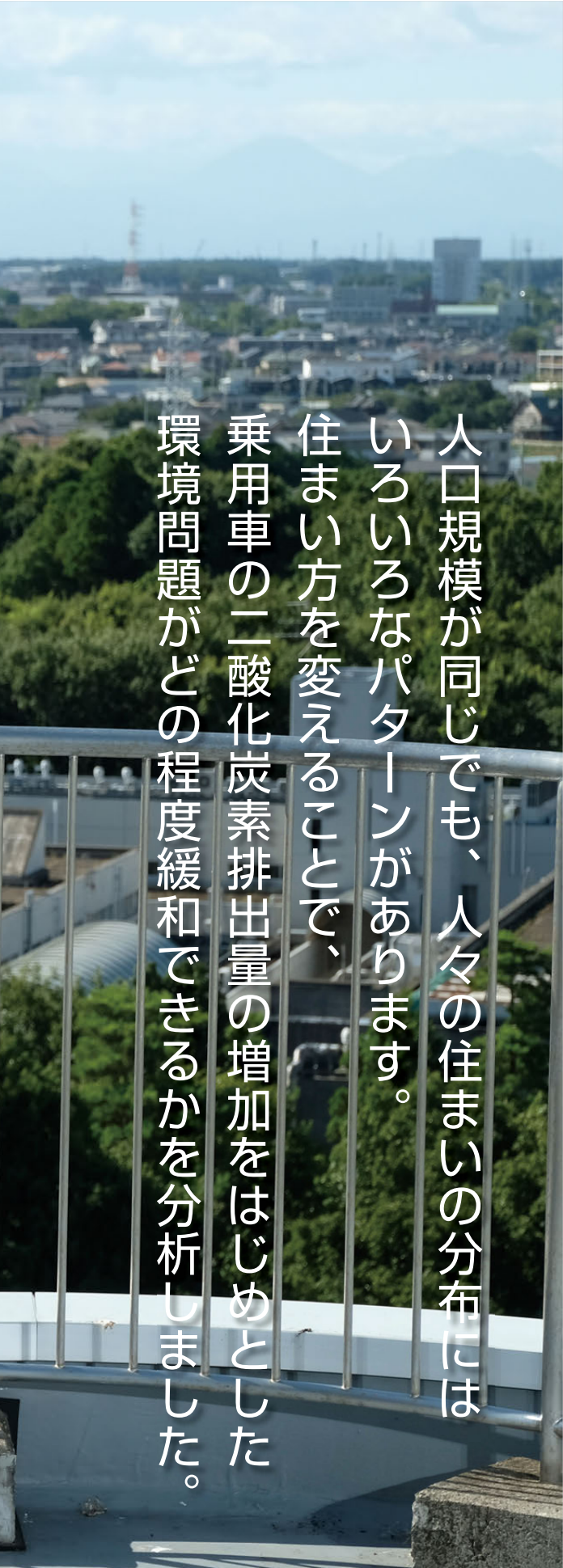


国立研究開発法人

国立環境研究所

<http://www.nies.go.jp/>





人口規模が同じでも、人々の住まいの分布には
いろいろなパターンがあります。
住まい方を変えることで、
乗用車の二酸化炭素排出量の増加をはじめとした
環境問題がどの程度緩和できるかを分析しました。

産業革命以降、密集した住まい方は、大気汚染などの健康被害の原因であるとされました。時代は変わり大気汚染が改善されてくると、今度は、分散した住まい方はエネルギー消費や温室効果ガスの排出が多く、非効率であると言われるようになりました。そこで登場したのが、『コンパクトシティ』の概念です。さらに近年では、環境面に加え、人口減少下でも高齢者が歩いて暮らせることやまちの拠点を残すことの必要性も指摘され、この概念はますます重要になっています。

国立環境研究所では、2011年度から『環境都市システム研究プログラム』、2016年度からは『統合研究プログラム』のなかで、「持続可能な都市・地域発展シナリオの構築と評価」に関する研究を行っています。この研究では、人口分布を中心としたまちの構造の変化の要因を分析して、将来実現可能な複数のまちの構造のシナリオを作り、さまざまな環境負荷や環境影響の観点から評価しています。これにより、将来の望ましいまちのあり方を明らかにして、市町村の計画づくりに役立ててもらおうことを目指しています。

人々が集まって住むと、徒歩や自転車、そして公共交通などの環境にやさしい交通の利用が増えます。逆に、分散して住むと、自動車の利用が増える傾向がみられます。これまで、「集まって住むことでどれくらい乗用車の二酸化炭素排出量が減るのか」は定量的にはわかりませんでした。本号では、これを定量的に試算した結果を紹介します。

CONTENTS

人口分布と環境

コンパクトなまちづくり

- Interview 研究者に聞く
人口分布シナリオで
環境にやさしいまちを提案する … p4～9
- Summary
コンパクトなまちづくりで乗用車の二酸化炭素
排出量はどれだけ減るだろうか? … p10～11
- 研究をめぐって
人口分布を考慮した
環境負荷・影響に関する研究 … p12～13
- 国立環境研究所における
「人口分布と環境負荷・影響に関する研究」
のあゆみ … p14

人口分布シナリオで 環境にやさしいまちを提案する

環境にやさしいまちを目指すには人々の住まい方、すなわち人口分布について考えることが大切です。集まって住むのと地域全体に散らばって住むのとでは、地域の総人口は同じでも環境に与える影響は大きく異なります。今後は環境を考慮したうえで、人々が幸せで持続可能な暮らしを送れるようなまちを実現していくことが求められます。社会環境システム研究センターの松橋啓介さんと有賀敏典さんは、まちづくりに役立てるべく、市町村ごとに将来想定される人々の住まい方の複数のパターン、人口分布のシナリオをつくりました。



松橋 啓介（まつはし けいすけ）
社会環境システム研究センター
環境政策研究室 室長



有賀 敏典（ありが としのり）
社会環境システム研究センター
地域環境影響評価研究室 主任研究員

さまざまな面から人口と 環境の関係を調べる

Q：この研究を始めたきっかけは何ですか。

有賀：研究をはじめた2010年当時は、世間でコンパクトシティが注目されるようになってきた頃でした。コンパクトシティとは、商業施設や行政サービスなど生活に必要な機能を一定範囲に集め、効率的な生活や行政を目指そうというものです。コンパクトシティを実現すると言っても、人々を強制的に移動させることはできませんから、出生・死亡や転居といった人口の動態をかなり詳しく見ないといけません。そこで人口の専門家を交えて、人口動態を詳しく分析することから研究は始まりました。

松橋：私は大学院修士課程の時に、東京都区部を対象にして、人口密度が高くなると移動に必要なエネルギーがどれくらい少なくなるかを研究しました。国立環境研究所に入った後は、エネルギーだけではなく、さまざまな面から人口と環境について調べたいと考

え、研究所内で研究課題を提案しました。

Q：近年の日本の人口分布はどのようになっていますか。

松橋：経済が成長し、人口増加が顕著だった時代は、郊外に人が増え、都市が拡大しました。しかし、近年の人口が減少する時期には、中心市街地から遠い郊外から人口が減っていき、相対的に中心市街地に人口が偏る偏在化の傾向が全国的に見られます。ただし、それはどの時代のどこの市町村でも同じというわけではなく、なかには中心市街地から人が減っていくところもあります。

Q：偏在化は環境の面から好ましいことですか。

松橋：駅の近くなど一定の範囲に人が集まって住むと、自動車の使用が減り、鉄道など公共交通の利用の割合が増えるので、移動から発生する二酸化炭素（CO₂）排出量は少なくなります。一方で、騒音やヒートアイランド、大気汚染など、偏在化が進むことで悪化する環境問題もあります。ですから、人が集まって

住むことのよい点はありますが、偏在化すればするほどいいという訳でもありません。

過去のデータから将来の人口分布のシナリオをつくる

Q：どのように研究を進めてきましたか。

有賀：まず、国勢調査の集計データを分析しました。全国を格子状に分割した四角形の単位をメッシュと言います。1km四方に分けられたメッシュ内の総人口や性別、年齢5歳階級別の人口などの基本データを用いて、出生や死亡による人口の自然増減と、転居にともなう人口の社会増減を推計しました。また、将来の人口分布を想定したシナリオをつくるにあたっては、市町村ごとに人口動態を分類する必要があります。そこで全国の市町村の人口分布ジニ係数(コラム2参照)を計算しました。そして、その市町村内の人口が偏在化した場合と、均一化してしまった場合の、それ

ぞれの将来の状況をシナリオとして示しています。

Q：データを分析するのは苦労しますか。

松橋：国勢調査の地域メッシュデータは、量が多く複雑なので分析するのは大変です。人の住んでいるところだけでもメッシュは約20万個あり、それぞれに性別5歳階級別の人口変化率のパラメータを割り振って計算すると、それなりの計算量になります。

有賀：データが細くなると住民のプライバシーも問題になります。国勢調査では、メッシュ内の性別と5歳階級別の人口が公表されていますが、極端に人口が少ない地域ではプライバシーの問題からデータは公表されていません。そのようなメッシュは全国にあるので、そのデータの扱い方に苦労しました。

Q：どのように人口分布の偏在化や均一化のシナリオをつくるのですか。

有賀：将来、ある市町村のなかで人口分布が偏在化する場合のパラメータ、変化しない場合のパラメータ、

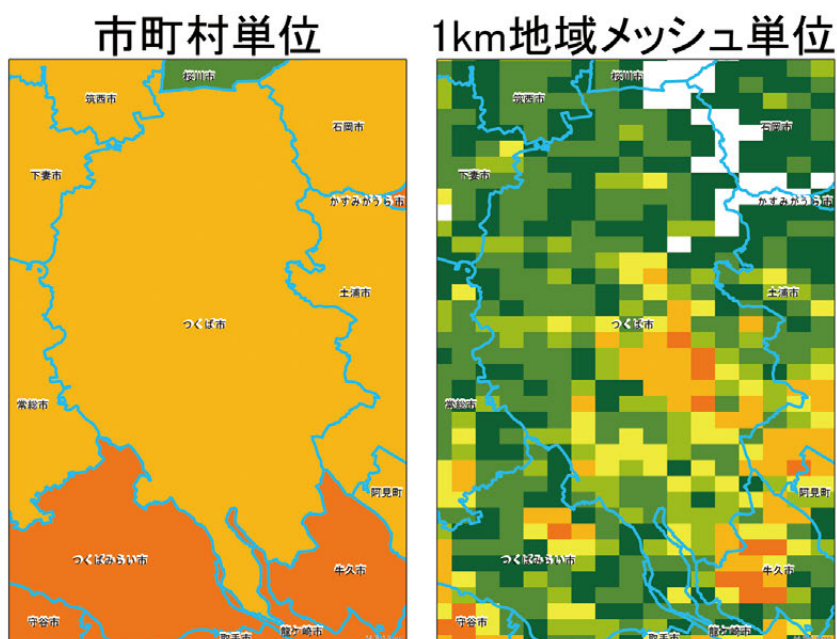
コラム①

地域メッシュで見る国勢調査

人口密度【単位：人/km²】



■ 図1 つくば市における「市全体の人口密度」と「1km地域メッシュ単位の人口密度」(2015年)

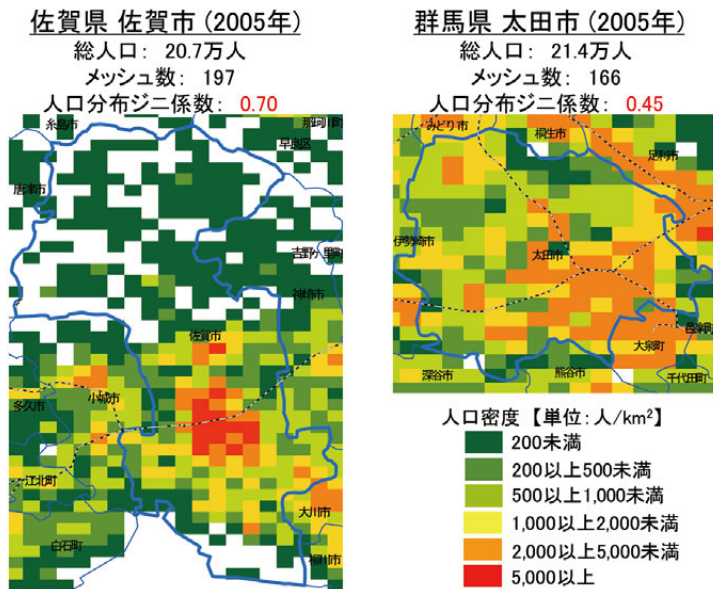


国勢調査は、総務省が5年に1回行う、日本に住むすべての人・世帯を対象にした人口調査です。日本全国や都道府県あるいは市町村別の人口が何人だとか、5年前と比べて何人増えた・減った、65歳以上の高齢者が何人増えたといったニュースを聞いたことがあると思います。この国勢調査ですが、市町村よりも細かい区分でもデータが整備されています。町丁目(〇〇町〇丁目)や地域メッシュ(1kmや500m四方の格子)別に、性別、5歳ごとにまとめた年齢別の人口が集計されています。

地域メッシュは、ほぼ同一の大きさ・形状をしているので、他のメッシュとの比較がしやすく、町丁目境界の変更があった際に影響を受けないため時系列の分析がしやすいという特徴があります。図1は、「つくば市全体の人口密度」と「1kmの地域メッシュ毎の人口密度」を比べたものです。空間の解像度によって、人口密度の見え方がずいぶん違うことがわかりいただけるでしょうか。1kmの地域メッシュ単位で見ることで、市町村の中の人口の分布を知ることができます。

コラム②

集中・分散の度合いを数値化する 「人口分布ジニ係数」



■ 図2 人口分布ジニ係数の例

図中の白いメッシュは、山、川、湖、森林など1980年以降に人が住んだことのないメッシュです。研究ではこれらのメッシュを除いて分析しています。

コラム1で1kmメッシュ人口を使うと市町村内の人口分布がわかることを紹介しましたが、人口分布の変化をみるには、分布の集中や分散の度合いを数値化する必要があります。集中・分散の度合いを測る指標のひとつとして「人口分布ジニ係数」があります。「ジニ係数」という言葉は、国民の所得格差を表す指標として聞いたことがあるかもしれません。

国土交通省はこのジニ係数の考え方を人口分布に応用して、市町村別人口を単位として、全国の人口分布の集中・分散の変化を数値化しました。今回私たちは、1kmメッシュ別人口を単位として、市町村の人口分布の集中・分散(ここでは学術的に、偏在・均一という言葉を使います)を定量化しました。

「人口分布ジニ係数」は0から1までの値をとり、1に近いほど偏在(集中)、0に近いほど均一(分散)を表します。図2に2005年の佐賀県佐賀市と群馬県太田市の人口分布と人口分布ジニ係数を示します。2つの市とも人口は同程度ですが、佐賀市の方が太田市よりも、人口が偏在していることがわかります。

私たちは、この人口分布ジニ係数を使って、増加した場合を「偏在化」、減少した場合を「均一化」と定義しています。

均一化する場合のパラメータは過去のデータから求めることができます。そのパラメータを使って、将来の全国1kmメッシュ人口のシミュレーションを行いました。

Q: 全国の市町村のシナリオをつくるのですか。

松橋: はい。市町村にフォーカスしたのは、将来人口が減ったときどうすればいいのかを市町村単位で考えることがまず重要だと思ったからです。シナリオでは、過去のデータから得られたパラメータを使うことで、今後も起こりそうな偏在化や均一化を再現しようとしてきました。

実際に過去に起こった事象をもとにしているので、市町村などの自治体にとっても、行政の進め方により将来どうなるかといったイメージをしやすと思います。それまでコンパクトシティというと、市町村ごとに可住地(人の住める場所)や人口集中地区の人口密度を比較した研究が多く、市町村の内部を詳細にみた人口の研究はあまり行われていませんでした。人口研究の面でも新しい知見を得られたという点は、研究を進めることに自信を持つきっかけになりました。

シナリオでわかった人口分布と環境の関係

Q: 人口分布が環境に与える影響は何ですか。

有賀: 私は自動車のCO₂排出をメインに研究しました。たとえば、神奈川県相模原市を例にとると、人口の多いところは鉄道駅の周辺です。駅の周辺に人が集まって住んだ場合、郊外を開発して人を呼び込むよりも自動車のCO₂排出量が15%近く減るという結果が研究によって得られました。相模原市は人口の多いところから少ないところまであり、人口分布を変えることで自動車のCO₂排出量が大きく減らせる例となります。そのほかの市町村でも効果に違いはありますが、平均して10%程度はCO₂排出量が減る可能性があることがわかってきました。

松橋: たとえば人口集中地区という1km²あたり人口密度が概ね5,000人より高いところでは、自動車からの一人当たりCO₂排出量が少ないことが定量的にわかったと言えます。このように人口密度と自動車の一人当たりCO₂排出量の関係を定量的に示した点が研究の特徴です。ほかには、熱中症発症者数の推計や、将来の大気汚染の検討にもこのシナリオが使われました。人口分布シナリオが他の分野の研究にも使われたのは、将来の人口分布にみんなが関心をもっているか

らだと思います。

Q：今後、都市では大気汚染などの環境問題はどうなりますか。

松橋：昔は、人が集まる都市は、社会経済活動が集中して行われるため、大気や水の汚染などの環境問題の原因とされていました。現在では、政策によってだいぶ改善されており、どちらかと言うと外から来る大気汚染物質が問題になっています。しかし、いまだに大気汚染のぜんそくに苦しんでいる方もいるので、解決したとは言えません。また、騒音や悪臭、振動といった感覚公害も問題として残されており、たとえば香りや芳香剤が嫌だと言う人もいます。それは集まって住むことによる問題でもあるので、やはり人口が集中しすぎないようにバランスをとることが必要です。研究

をする上でも注意しておきたいところです。

Q：シナリオはまちづくりに重要ですか。

松橋：少子高齢化により人口減少が進み、都市の衰退が進んできています。そうすると、将来に備えてまちをつくりかえていく必要があります。まちをつくるのには時間がかかるので、将来の予測を提示できるシナリオは大切だと考えています。また、地域内の環境負荷の推計と実際の調査とを合わせて進める必要があります。

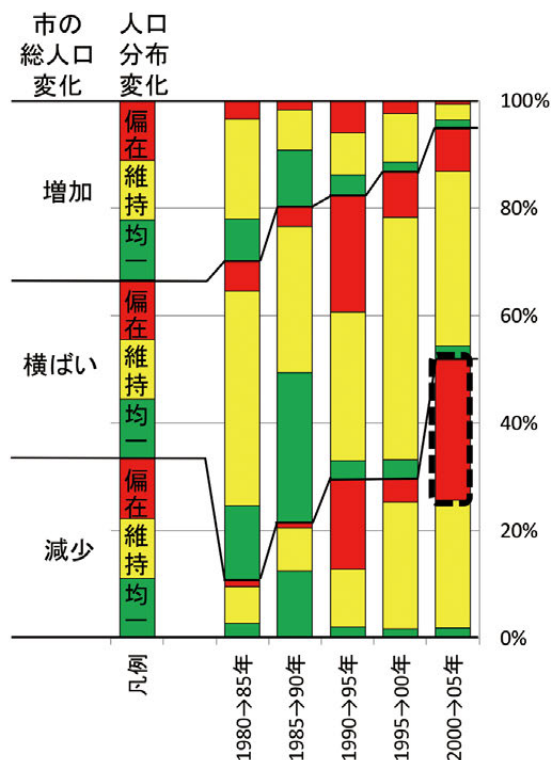
よりよいまちづくりのための議論

Q：理想的なまちづくりはありますか。

松橋：個人的には、地方都市をもっと活性化させたいですね。東京などの大都市圏よりも、もう少し人口規

コラム③

過去の人口分布の変化とメッシュ人口変化率

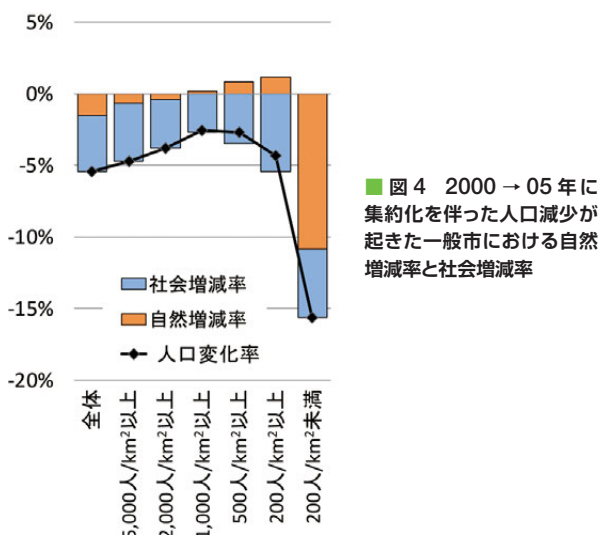


■ 図3 三大都市圏外の431市における過去の総人口の変化別の人口分布変化

市の総人口変化は、『5年間の人口変化率』が+3%超を「増加」、-3%超を「減少」、±3%以内を「横ばい」としています。また、人口分布変化は、『5年間の人口分布ジニ係数の変化』が+0.01超を「偏在化」、-0.01超を「均一化」、±0.01以内を「維持」としています。

コラム2では人口分布変化の数値化について紹介しましたが、実際に全国の市町村の人口分布はどのように変化したのでしょうか。図3は、三大都市圏外の431市(政令市・中核市・特例市を除く一般市)の過去の人口分布の変化について、市の総人口を変化別に示したものです。1980～90年は人口分布均一化傾向ですが、1990年以降は人口分布偏在化を伴って人口が減少した市が多くなっており、人口密度の低い場所で過疎が進んでいることがわかります。

それでは、このような市内の人口分布の変化はどのようなメカニズムで起きたのでしょうか。人口の変動要因としては、出生・死亡による「自然増減」と転居による「社会増減」に分けられます。そして、自然増減率と社会増減率を合わせたものは、「人口変化率」と呼ばれます。ここでは人口分布偏在化を伴って人口が減少した市(図3の点線枠)を例に見てみましょう。図4は、メッシュの人口密度別に自然増減と社会増減の率を示しています。人口減少下での偏在化は、200人/㎥未満のような人口の少ないメッシュにおける「自然減少」が主な要因となっています。



■ 図4 2000→05年に集約化を伴った人口減少が起きた一般市における自然増減率と社会増減率

模の小さい数十万人から数百万人規模の若者を呼び寄せるような都市が地方にあるといいと思います。一定規模の人がいると魅力の高い施設ができるので、さらに人が集まってくるというポジティブ・フィードバックが働きます。地域活性化は、背景になる人口があって、そこを一押しして活性化させるような形が理想だと考えています。

Q：その方が農業などの産業も盛んになりますか。

松橋：そうですね。たとえば、農業をやっている人が都市的な活動をしたい時にすぐに行ける地方都市があり、そこに大学もあれば、人口流出に歯止めをかけ、関連産業に従事する若者が増えやすくなると思います。地方の人がいちど東京に来て、また帰るのは大変です。産業のためだけではなく、若者の多様なライフスタイルを大事にできるような都市がいいと思います。

Q：よりよいまちづくりのために、他にはどんな研究をしていますか。

有賀：最近やっているのは、人口と空き家の分布の組み合わせについての研究です。人口が減ってきたときに建物が変わらないとしたら、どこでどのくらい空き家が増えるのかを分析しています。

松橋：関連して、家庭からのCO₂排出量の地域差も

調べています。今までは自動車からのCO₂排出のみを対象にしていたのですが、こんどは家庭からのCO₂排出も分析して、自治体ごとの排出量を計算しています。それがわかると、暮らし方が将来どうなるか、どういう対策をとればいいのかということをより幅広く考えることができます。

Q：自治体からの声を聞くことはありますか。

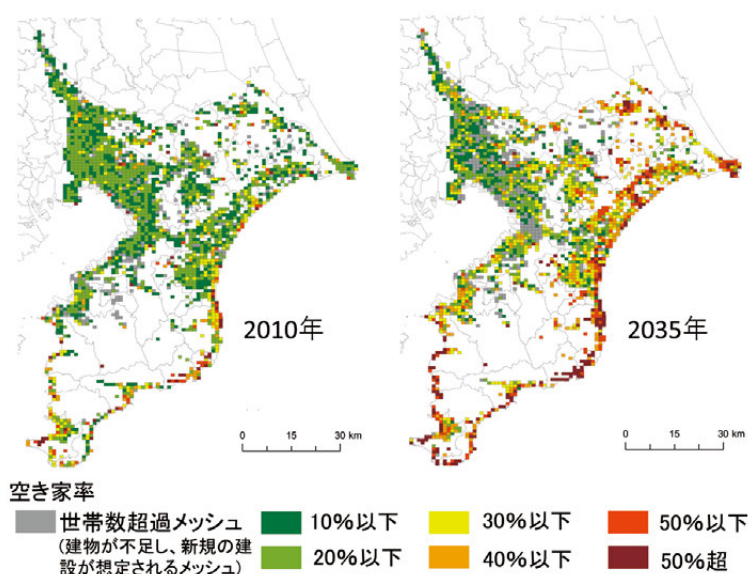
松橋：中学生や高校生に将来の人口分布のデータを提示して、地域のビジョンについて検討し、それを市長に発表してもらうというワークショップを千葉県内の市を中心として年に1回くらいのペースで行っています。たとえば、人が減った時にどこで空き家が増えるかという地図を示して、その市の空き家をどう使えばいいかなどを生徒たちに議論してもらっています。

Q：生徒からはどんな答えが出てきますか。

松橋：まちに若者が集まるハンバーガーショップやバッティングセンターをつくればいいなどいろいろな提案があり、中高生が地域や公共に関心があることを感じました。また、自分たちがまちをよくするためにここに残りたいというとても心強い感想を寄せてくれる人もいたので、ちょっと感動しました。そう思ってくれる中高生に対して、市長や市役所の大人は何ができるのかを考えなくてはなりません。

コラム④

人口分布に関する地域の問題（1） ：空き家の増加



■ 図5 2010年および2035年の千葉県内1kmメッシュ単位の空き家率の推計結果
県東部の海岸沿いで空き家率40%を超える地域が広くまとまって生じる恐れや、市域の中でも高齢化が進んでいる地域での空き家化が進む可能性が示唆されました。

空き家が多い地域では、老朽化した建物が倒壊する危険性や犯罪被害にあう可能性が高くなるだけでなく、多くの資源と資金を使って作られてきたインフラや都市施設が有効に活用されずに無駄になってしまいます。国が行った住宅・土地統計調査によると、2013年の全国の空き家率は約13.5%（8戸に1戸が空き家）となり、今後は人口・世帯数の減少に伴ってさらに空き家が増えることが懸念されています。

こうした空き家問題の原因や対策を考えるためには、市区町村内の詳しい地域別の空き家の空間分布を知ることが必要になります。しかし、国が行っている統計調査ではそこまで詳しく知ることができないという問題があります。そこで私たちは、住宅地図からわかる住宅数と国勢調査を基にした世帯数を比較することで、地域メッシュ単位の空き家分布を推計する方法を提案しました。図5は、2010年および2035年の千葉県内の空き家率の分布の推計結果です。

Q：研究成果が市町村にフィードバックされるのですね。

松橋：そうですね。将来の人口減少にともなって空き家が増えるなどあまりよくない予測ばかり示していると、市町村の方に怒られるんじゃないかと不安な時もあります。詳しい情報を提供することにはなっていると思います。

人と環境が調和するまちをめざして

Q：研究のエピソードはありますか。

松橋：この研究を始めるまでに結構時間がかかりました。持続可能なまちづくりの研究をしようと提案したのは15年以上前のことです。所内の研究提案の機会を通じて内容のブラッシュアップを重ねました。提案を通してもらえる内容になるまでに7～8年ほどかかってしまいました。

Q：その当時は環境と人口の関係に関心があまりなかったのですか。

松橋：当初はあまり関心を持たれていなかったですね。2006年頃になると人口減少が大きな話題となり、ようやく将来の人口やその分布の変化が今後の環境問題の鍵を握ると考えられるようになりました。そのころ、人口を詳しく研究する人が所内にいなかったで、

それもあって研究ができることになりました。今は、人口についての研究がいろいろな分野につながっていますね。たとえば、気候変動適応策に関する法律ができましたが、適応策を評価するときに、影響を受ける人がどこに何人住んでいるかといった人口分布は基本データとして役に立っています。

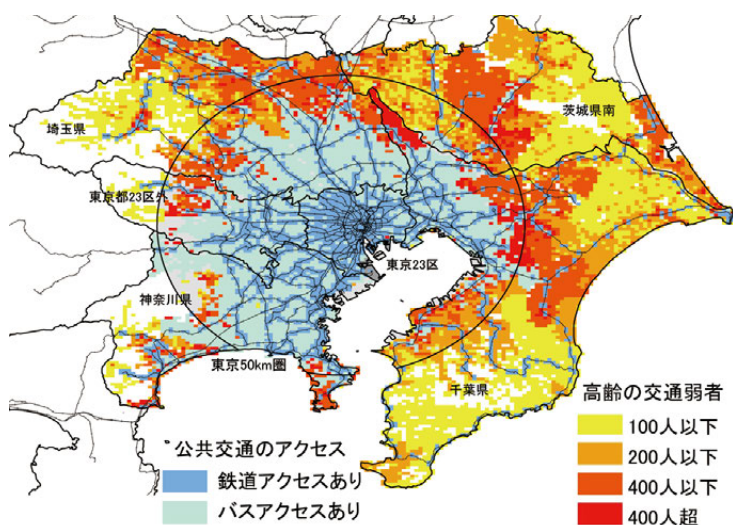
Q：最後に、今後の展望を教えてください。

有賀：私自身は人々がいつどこでどんな活動をしているのか、つまり時間と空間を人がどう使っているかに興味があります。都市はいわば空間です。空間を変えたときに人の行動はどう変わるのか、逆に人の行動を変えるためには空間をどう変えればいいのかを明らかにしたいですね。その研究をもとに、環境にも人にもやさしいまちをつくることができればいいと思います。

松橋：個人の幸福と、地域の持続可能性が両立できるようなまちづくりに貢献したいと思っています。現在では、地域を環境面で持続可能にするためには、個人が我慢をしなくてはならないと捉えられがちです。個人が楽しく幸せに暮らすことと環境負荷を少なくすることを両立することのできる技術や政策に役立つ研究を進めていきたいです。

コラム⑥

人口分布に関する地域の問題（2） ：高齢の交通弱者



■図6 2040年の高齢の交通弱者数の推計結果

65歳以上の高齢者のうち、「交通不便地域（鉄道駅から1km以上離れていて、1時間に1便以上発着するバス停がないメッシュ）」に住む人口を「高齢の交通弱者」と定義してメッシュ単位で算出しています。

近年、高齢者による自動車事故を減らすため、高齢者の免許自主返納が勧められています。しかし、公共交通が不便な地域では、自動車が運転できないと、病院への通院や買い物、親戚に会いに行くのも難しいことがよくあります。一般に、人口密度が高い場所は公共交通の便が良く、低い場所は不便な傾向があります。私たちの分析によると、1kmメッシュ人口が2,966人以上であれば1時間に1便以上のバスが発着している傾向が見られました。

多くの市町村で人口減少が進んでいますが、市町村の中で人口密度の高い場所を残す場合と残さない場合で、公共交通が維持できるかどうかが変わってきます。2010年時点の東京大都市圏（図6の範囲）を見ると、東京から50km圏外では、高齢の交通弱者（交通不便地域に住む高齢者）はすでに54万人（高齢者の41%）もいます。このままの傾向で人口が減っていくと2040年には109万人（高齢者の58%）もの交通弱者が見込まれます。図6は、2040年の首都圏で高齢の交通弱者がどこにどれだけいるかを推計したものです。交通弱者を減らす観点からも人口分布を適正に誘導する長期的な備えを行う必要があると言えます。

コンパクトなまちづくりで乗用車の二酸化炭素排出量はどれだけ減るだろうか？

これまで、「出生・死亡や転居といった人口動態を考慮すると、何年後にどれくらいコンパクトなまちにすることが可能なのか」、そして「その時にどれくらい乗用車の二酸化炭素排出量が減るのか」はわかっていませんでした。そこで私たちは、国勢調査 1km メッシュ人口と市町村別の乗用車二酸化炭素排出量を使って、これらの定量化を試みました。

1km メッシュ人口密度と乗用車二酸化炭素 (CO₂) 排出量の関係

コンパクトなまちにすることは乗用車の CO₂ 排出削減に有効であるという認識はあるものの、実際に日本全国の各市町村で中長期的にコンパクト化を目指すことでどの程度 CO₂ 排出量の削減が期待できるのかは十分に推計されていませんでした。そこで私たちは、まちの構造を表す指標である人口分布に着目し、1980 年から 2005 年の人口分布と乗用車 CO₂ 排出量の関係を分析しました。

まず、1km メッシュの人口密度によって、年間一人当たり乗用車 CO₂ 排出量が異なると仮定し、過去 6 時点 (1980～2005 年) について、「市町村別年間一人当たり乗用車 CO₂ 排出量」を被説明変数、国勢調査 1km メッシュ人口を用いた「メッシュ人口密度別人口シェア」を説明変数とする回帰式を作成しました。この推計で得られた結果を図 7 に示します。

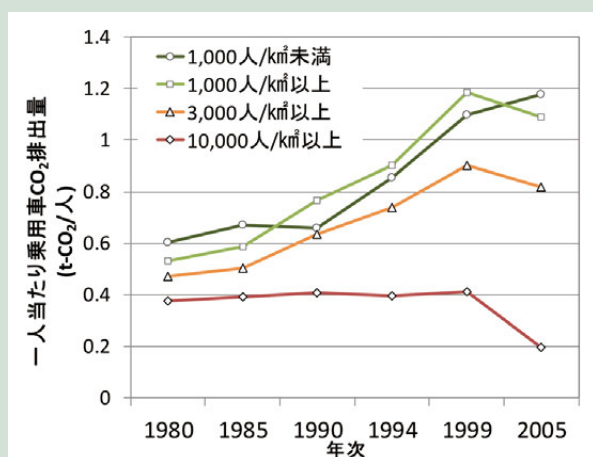
年次に関わらず、人口密度が高いメッシュの方が、年間一人当たり乗用車 CO₂ 排出量が少ない傾向がわかります。これは、人口密度が高いメッシュでは、徒歩・自転車や公共交通が利用しやすく、商店や病院など生活に必要な施設が近くにあり移動距離が短いため、乗用車の利用が少ないことを示しています。逆に、人口密度の低いメッシュでは、車以外の交通手段が利

用しにくい、生活に必要な施設までの距離が長く、乗用車に依存していることを示しています。

年次別の変化を見ると、年次が進むにつれて、人口密度の低いメッシュの年間一人当たり乗用車 CO₂ 排出量が大きく増加し、人口密度間の差が拡大しています。これは、自動車の保有が容易になったことが主要因と考えられます。また 2005 年は、人口密度 10,000 人/km² 以上のメッシュでの年間一人当たり乗用車 CO₂ 排出量が減少していますが、大都市圏での都心回帰や若者の自動車離れなどに代表されるように、利便性の高い場所に住み、乗用車をあまり利用しないライフスタイルが選好されてきていることが要因として考えられます。

人口分布シナリオの構築

まちをコンパクトにするといっても、まちを変えるには長い時間がかかります。また時間が経つにつれて、市町村の総人口も刻々と変わっていきます。そこで私たちは、国立社会保障・人口問題研究所の公表している市町村別人口を前提条件とした上で、過去の出生・死亡、転居といった人口の変動要因を考慮した市町村内の人口分布の起こりうる変化の幅を計算しました。そのうえで、将来起こりそうな人口分布のなかで一定割合以上偏在化した場合と均一化した場合を、そ

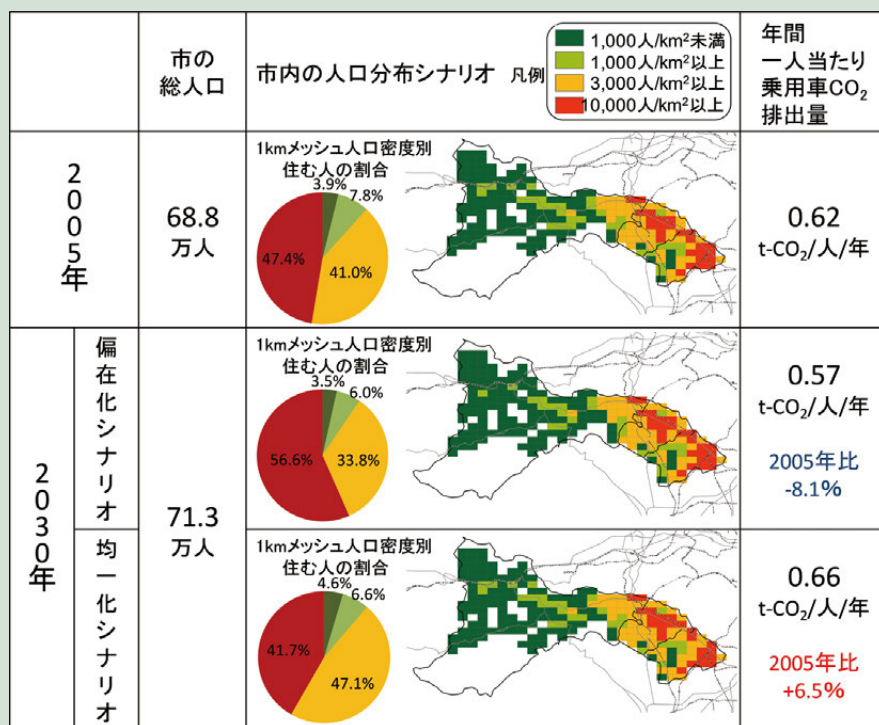


■ 図 7 メッシュ人口密度別年間一人当たり乗用車 CO₂ 排出量
燃費の改善を含んだ一人当たり乗用車 CO₂ 排出量の推移です。1980 年では、人口密度が高い 10,000 人/km² 以上のメッシュの年間一人当たり乗用車 CO₂ 排出量が約 0.4 トンであることにに対して、人口密度が低い 1,000 人/km² 未満のメッシュは約 0.6 トンで、そこまで大きな差はありません。同様に、2005 年では、10,000 人/km² 以上のメッシュの年間一人当たり乗用車 CO₂ 排出量が約 0.2 トン程度であることにに対して、1,000 人/km² 未満のメッシュは約 1.2 トンとなっています。年次が進むにつれて、人口密度の低いメッシュの年間一人当たり乗用車 CO₂ 排出量が大きく増加し、高いメッシュとの差が拡大しています。これは、自動車の保有が容易になったことが主要因と考えられます。また 2005 年では、大都市圏で都心回帰や若者の自動車離れなど自動車への依存が減ったため、人口密度が高い 10,000 人/km² 以上のメッシュでの年間一人当たり乗用車 CO₂ 排出量が減少する傾向も見られます。

■図8 2030年の人口分布シナリオと年間一人当たり乗用車CO₂排出量：神奈川県相模原市

神奈川県相模原市の人口分布シナリオと年間一人当たり乗用車CO₂排出量を分析した結果です。2005年時点では、東部のJR横浜線と小田急線の駅周辺を中心に人口密度の高い10,000人/km²のメッシュが多く見られ、西部は人口密度の低い1,000人/km²未満のメッシュの中に1,000人/km²以上の小さい拠点が点在していることがわかります。

2030年の偏在化と均一化シナリオにおいてもこの傾向は変わらず、一見地図上では大きな変化には見えないかもしれませんが、しかし、左横の円グラフを見ると、偏在化シナリオでは10,000人/km²以上のメッシュに住む人の割合が2005年より高まり、均一化シナリオでは、10,000人/km²以上のメッシュに住む人の割合が低くなっています。これにより、乗用車CO₂排出量は15%もの違いが出ます。「コンパクトシティ」というと、「人々は無理やり転居させられるのでは？」といった誤解がよくあるのですが、過去の傾向を考慮すると、長期的に考えて、この程度であれば無理なく実現が可能であると言えるでしょう。



それぞれ「偏在化シナリオ」「均一化シナリオ」として、2030年に起こりうる2つの人口分布シナリオを構築しました。

具体的には、国勢調査1kmメッシュ人口を使って、全国市町村の2000→05年の人口分布ジニ係数（コラム2参照）の変化を計算しました。そして全国市町村を、三大都市圏内/外別、市/町村別に「偏在化」「変化なし」「均一化」の3つに分類し、各分類の市町村に含まれるメッシュ人口密度別の人口変化率を性別5歳階級別に求めました。この人口変化率を、基準年2005年の国勢調査1kmメッシュ人口に適用して、コーホート変化率法という方法で2010年の全国市町村の偏在化、均一化シナリオを作ります。同様にして5年ごとに計算をして2030年の「偏在化シナリオ」「均一化シナリオ」を作りました。

人口分布シナリオの評価

今後、公共交通サービスが成り立たなくなる、商店や病院といった施設の減少によって移動距離が伸びる、といった理由で乗用車CO₂排出量が増加する可能性が指摘されています。そこで、乗用車の走行距離当たりのCO₂排出量が2005年と同じと仮定した場合に、人口分布シナリオによって年間一人当たり乗用車CO₂排出量がどの程度変わるか全国の市町村で評価しました。

一例として、神奈川県相模原市の人口分布シナリオと年間一人当たり乗用車CO₂排出量を分析した結果を図8に示します。相模原市は東京大都市圏の郊外に

位置する人口約70万人の都市で、人口分布の違いが乗用車CO₂排出量に与える影響が大きい市町村の例になります。

偏在化シナリオでは、2030年までに10,000人/km²以上のメッシュに住む人の割合が2005年より高まっています。一方の均一化シナリオでは、10,000人/km²以上のメッシュに住む人の割合が低くなり、虫食い状に人口密度の低い市街地が広がるスプロール現象が起こるイメージとなります。2030年の年間一人当たり乗用車CO₂排出量は、偏在化シナリオの場合は2005年より減少するのに対し、均一化シナリオでは増加することがわかりました。市町村の総人口が同じでも、人口分布に応じて年間一人当たり乗用車CO₂排出量は15%近い差が生じることになります。全国の他の市町村でも、市町村の人口やベースとなる2005年の人口分布によって、年間一人当たり乗用車CO₂排出量に多少の差があるものの、おおむね偏在化シナリオの方が均一化シナリオより10%程度抑えられる結果になりました。

今後は、将来の車両の性能向上や、メッシュ人口密度に応じた公共交通のサービスレベル、徒歩・自転車の選好の変化についても考慮した分析を視野に入れています。また、今回は乗用車CO₂排出量を紹介しましたが、人口分布はこの他にもエネルギー需要・廃棄物発生分布、健康影響、生態系への影響など様々な環境問題にも影響します。他分野の研究者と連携して、どのような人口分布が望ましいか総合的に評価する研究を進めています。

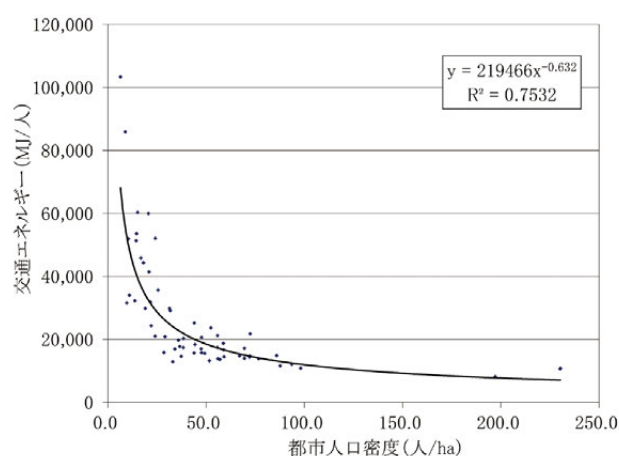
人口分布を考慮した 環境負荷・影響に関する研究

都市における高密度な人口分布は、汚染物質の集中的な排出や高濃度、大規模な曝露を引き起こしやすく、水質汚濁や大気汚染などの観点から望ましくないと考えられてきました。しかし、近年では、都市における集約的な人口分布は、資源・エネルギーの効率的な利用や低炭素化の観点から望ましいと認識されるようになってきました。

世界では

歴史的には、感染症等につながる水質汚濁や呼吸器系疾患等につながる大気汚染が都市部でしばしば発生し、多くの人命や健康を奪ってきました。その解決策として、公衆衛生研究が進み、都市計画的規制等を通じて、空間的なゆとりのある都市づくりが目標とされてきました。

一方、Dantzig & Saatyは、二次元的に広がってしまった都市を上下方向に積み重ね、また居住者の活動時間をずらすことにより、都市活動の飛躍的な効率化を目指す「コンパクト・シティ」を提案しました。また、Newman & Kenworthy は、世界各地の都市を対象とした実証的比較分析を行い、高密度な都市ではガソリン消費量が少ないことから、土地利用の高密度化と公共交通の誘導を行うことにより燃料消費量の削減が可能と結論づけました(図9)。



■ 図9 先進国64都市の都市人口密度と交通エネルギー消費量(1995)

都市の人口密度は一人当たり交通エネルギー消費量に対して高い説明力を持つことが分かります。Kenworthy & Laubeが1999年と2001年に更新した持続可能な交通に向けた世界都市データベースから作成しました。

日本では

環境省は、「地球温暖化対策とまちづくりに関する検討会(2005~2007年)」において主に地球温暖化の観点から持続可能な都市のあり方について検討を行い、コンパクト化によるガソリン消費量の削減可能性等について議論しました。続いて2008年の地球温暖化対策の推進に関する法律の改正により、都道府県と指定都市に加えて、中核市、特例市においても、地球温暖化対策地方公共団体実行計画の策定が義務化され、「コンパクトシティ+ネットワーク」型の土地利用を通じた低炭素まちづくりへの道筋が示されるようになりました。

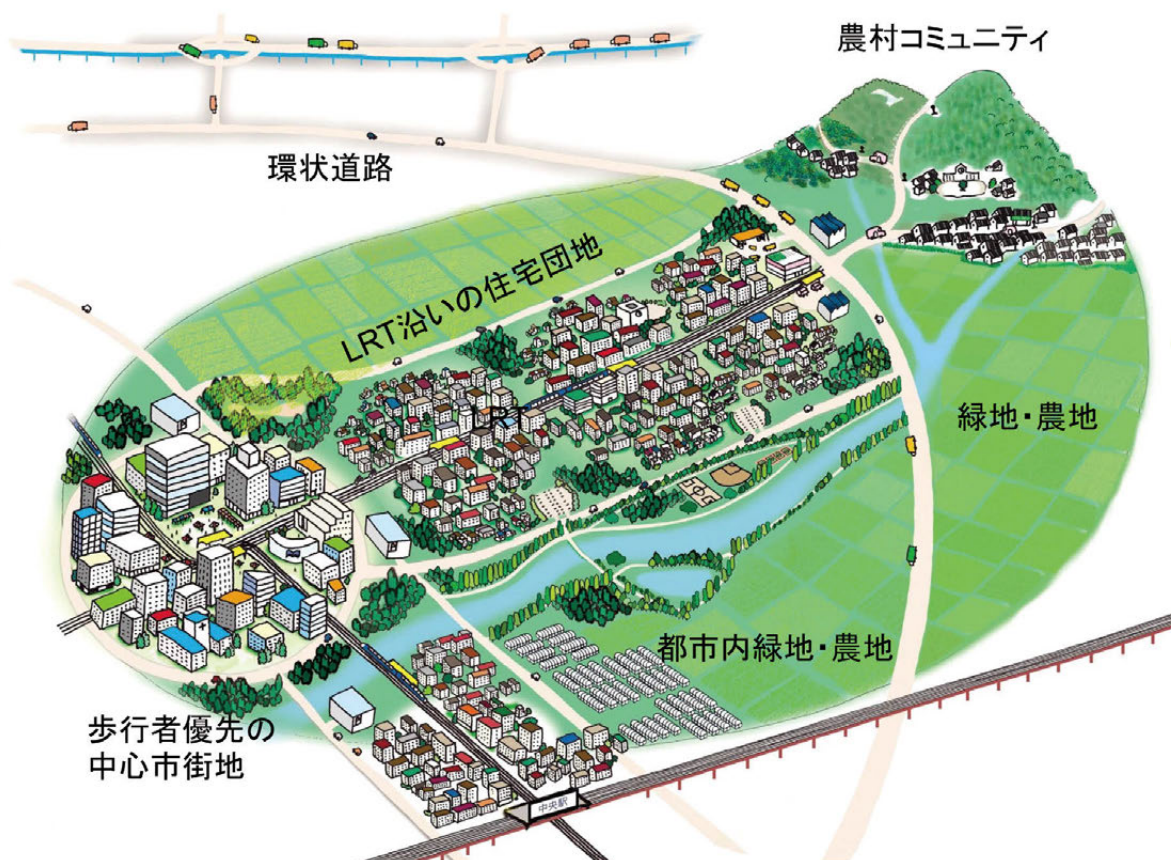
国立社会保障・人口問題研究所は、市区町村別の将来推計人口を発表しています。国土交通省は、将来のメッシュ人口の推計結果を公表しており、2017年には小地域(町丁・字)単位の性別5歳階級別の人口の予測ツールを公開しています。

国立環境研究所では

環境指標の開発に関する研究を出発点として、メッシュ人口密度の重みを付けることで大気汚染の曝露に係る影響等を詳細に評価し、市町村レベルの政策展開に用いることを提案してきました。

「低炭素社会2050研究プロジェクト(2004~2008年)」を通じた望ましい都市の人口分布の姿として、「歩いて暮らせる街づくり」を示しました。中心市街地と住宅団地と農村コミュニティからなる数十万人規模の都市を対象としたイメージを例示することで、一極集中型ではなく拠点連携型のコンパクト・シティの姿を共有し、将来像や具体的な課題に関する議論を促進することを目指しました(図10)。

市町村別の自動車CO₂排出量の推計とメッシュ人口分布の関係を分析し、将来人口分布と将来自動車CO₂排出量の推計を行いました。あわせて、市町村別自動車CO₂排出量と人口分布シナリオを示した地



■ 図10 低炭素社会に向けた方策「歩いて暮らせる街づくり」のイメージ

中心市街地をつなぐ公共交通機関、安心して歩ける地域、乗用車は電動軽量化といった施策を統合したものです。多くの従業者や来場者を必要とする施設は中心市街地に集積させ、住宅や生活利便施設は徒歩等の移動範囲に収まる日常生活圏に集積させ、公共交通機関のネットワークでこれらを結びつける公共交通指向型開発のイメージとしています。



■ 図11 地域情報を踏まえた中高生参加の未来ワークショップ

千葉県の上田市、八千代市、館山市、鹿児島県の西表市の中学生、高校生を対象とした未来ワークショップにて、現状の住宅と将来の人口に基づく空き家の状況を示す未来地図を提供しました。中高生は、各市の将来の雇用や財政の推計などとともに、市内の地域別の未来地図も考慮して、地域の課題を抽出し、その解決のための政策提案を市長に対して行いました。

図は、国立環境研究所のウェブサイト「環境展望台（環境GIS）」上で閲覧できます。次に、民生家庭部門のCO₂排出量の調査データと地域別の人口密度と戸建住宅や集合住宅といった建て方の間の違いを分析し、将来の民生家庭部門のCO₂排出量の推計を試みています。また、該当するメッシュ人口だけでなく、周辺の人口集積が施設立地に影響することを考慮して、圏域人口とCO₂排出量の分析を行いました。

また、将来の人口分布の推計値やシナリオは、気候変動の影響・適応策評価等に関する研究者に提供され、熱中症や大気汚染といった健康分野、海洋への影響といった生物多様性分野において、すでに活用されています。

さらに、人口に基づく世帯数分布と建物のデータとを結びつけることで、詳細な空き家率の推計を行い、地域の空き家の状況を図示する未来地図の作成も試みました。国内数カ所のまちづくりワークショップにおいて、各市の予測データとともに未来地図を提示し、中高生が議論することで現状の課題を踏まえた政策を市長に提案する材料として活用しました（図11）。このように、生活に近いまちづくりの分野では、人々の意思決定に直接役立つような研究成果の提供についても取り組んでいます。

国立環境研究所における 「人口分布と環境負荷・影響に関する研究」のあゆみ

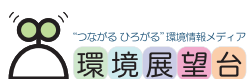
国立環境研究所では、環境負荷の定量化と環境影響の総合評価に関する研究を行っています。
ここでは、その中から、人口分布と環境負荷・影響に関するものについて、そのあゆみを紹介します。

年度	課題名
1996～1998	輸送・循環システムに係る環境負荷の定量化と環境影響の総合評価手法に関する研究
1999～2000	環境ホルモン等の多様な環境リスクの評価と管理のための統合情報システムの構築に関する研究
2001～2005	大気中微小粒子状物質 (PM2.5)・ディーゼル排気粒子 (DEP) 等の大気中粒子状物質の動態解明と影響評価プロジェクト
2004～2008	脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト ^{*1}
2005～2007	身近な交通の見直しによる環境改善に関する研究
2006～2008	中長期を対象とした持続可能な社会シナリオの構築に関する研究
2009～2010	低炭素車両の導入によるCO ₂ 削減策に関する研究 ^{*1}
2010	気候変動緩和・適応型社会に向けた地域内人口分布シナリオの構築に関する研究
2011～2015	環境都市システム研究プログラム：環境的に持続可能な都市・地域発展シナリオの構築
2014～2016	社会的課題を考慮した自治体効率化施策による行動変容とそれに伴うCO ₂ 排出量の推計 ^{*2}
2014～2018	多世代参加型ストックマネジメント手法の普及を通じた地方自治体での持続可能性の確保 ^{*3} におけるストック配置シナリオの検討
2016～2020	統合研究プログラム：持続可能社会実現のための政策と評価に関する研究
2017～2019	資源・エネルギーの統合利用による「低炭素型地域再構築」の計画分析モデル開発と実証 ^{*1}
2018～2020	気候変動影響・適応評価のための日本版社会経済シナリオの構築 ^{*1}

*1 環境省 地球環境研究総合推進費

*2 文部科学省 (日本学術振興会) 科学研究費補助金

*3 JST/RISTEX「持続可能な多世代共創社会のデザイン」研究開発領域



<http://tenbou.nies.go.jp/>

本号で紹介した研究は、以下の機関、スタッフにより実施されました (所属は当時、敬称略、順不同)。

〈研究担当者〉

国立環境研究所：松橋啓介、有賀敏典、藤野純一、芦名秀一、白木裕斗、脇岡靖明、中村省吾、石河正寛、林和真、山形与志樹、近藤美則、金森有子、上田佳代、米澤健一、陳鶴、森口祐一、桜井健郎、田邊潔、新田裕史、寺園淳、中杉修身、松本幸雄、鈴木規之

国立社会保障・人口問題研究所：小池司朗

筑波大学：谷口守、鈴木勉、落合淳太、中川喜夫、安成光

千葉大学：倉阪秀史

芝浦工業大学：栗島英明

● 過 去 の 環 境 儀 か ら ●

これまでの環境儀から、人口分布と環境負荷・影響に関するものを紹介します。

No.70 「和風スマートシティづくりを目指して」

国立環境研究所では、地球温暖化の将来予測や各種対策に関する研究を総合的に進めています。近年急速に発展してきた IoT やスマートフォン・GPS などのデータを活用することにより、新しい概念の環境に優しい都市デザインが可能となってきました。本号では、地球温暖化を防ぐことができ、しかも安全で健康に楽しい生活ができる日本らしいスマートシティの実現を目指す都市システム・デザインの研究について紹介します。

No.61 「適応で拓く新時代！—気候変動による影響に備える」

気候変動は、世界各地で様々な分野に影響を及ぼしています。日本でも、サクラの開花の早まりやイロハカエデの紅葉の遅れ、高山生態系の消失、農作物の品質低下や栽培適地の移動、感染症を媒介する蚊の分布域の北上などが報告されています。気候変動による影響の進行を食い止める対策には、温室効果ガスを削減する「緩和」と、気候変動による影響に対処する「適応」の2つがあります。本号では「適応」に関する最新の研究成果を紹介しています。

No.60 「災害からの復興が未来の環境創造につながるまちづくりを目指して—福島発の社会システムイノベーション」

国立環境研究所では、人々の暮らしや社会と環境の関係を分析し、よりよい地域づくりのための研究を東日本大震災前から行ってきました。震災後は、「環境創生研究」として、被災地の自治体と協力し、地域の特徴を生かしながら復興を支援する研究を行っています。本号では、環境創生研究について、「環境未来都市」に選定されている福島県新地町での取り組みを中心に紹介しています。

No.55 「未来につながる都市であるために—資源とエネルギーを有効利用するしくみ」

国立環境研究所では、都市の資源やエネルギーを効率的に利用する技術や仕組みを考え、それによって資源消費を抑制し、環境負荷を削減する研究に取り組んでいます。本号では、産業間の連携、住宅・商業地区と産業の連携、自然と都市の共生など、先進的な取り組みを行っている都市の事例を紹介しながら、最新の研究活動について紹介しています。また、国立環境研究所が行っている、都市の持続可能性を評価する指標づくりの研究成果を紹介しています。

No.36 「日本低炭素社会シナリオ研究—2050年温室効果ガス70%削減への道筋」

地球温暖化による深刻な影響を止めるために、将来気温の上昇を産業革命以前に比べて2℃までに抑えるためには、2050年までに世界の温室効果ガスの排出量を少なくとも半減させる必要性が高い——これは世界共通の目標となりつつあります。しかし、これまで日本には、二酸化炭素排出量を大幅に削減することを目指した長期的な計画は存在しませんでした。そこで、国立環境研究所が中心となり、2004年から、「脱温暖化2050プロジェクト」を立ち上げ、日本の中長期脱温暖化対策シナリオの構築に向けた研究に取り組んでいます。本号では、この研究プロジェクトの研究成果を紹介しています。

環 境 儀 No.71

—国立環境研究所の研究情報誌—

2018年12月28日発行

編 集 国立環境研究所編集分科会

(担当 WG: 藤井実、松橋啓介、有賀敏典、岡寺智大、
中村省吾、岩崎一弘、広兼克憲)

発 行 国立研究開発法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

問合せ先 国立環境研究所情報企画室 pub@nies.go.jp

編集協力 有限会社サイテック・コミュニケーションズ

印刷製本 株式会社イセブ

無断転載を禁じます

「環境儀」既刊の紹介

No.25 2007年 7月	環境知覚研究の勧め—好ましい環境をめざして	No.48 2013年 4月	環境スペシメンバンキング—環境の今を封じ込め 未来に伝えるバトンリレー
No.26 2007年 10月	成層圏オゾン層の行方—3次元化学モデルで見 るオゾン層回復予測	No.49 2013年 7月	東日本大震災—環境研究者はいかに取り組むか
No.27 2008年 1月	アレルギー性疾患への環境化学物質の影響	No.50 2013年 10月	環境多媒体モデル—大気・水・土壌をめぐる有害 化学物質の可視化
No.28 2008年 4月	森の息づかいを測る—森林生態系のCO ₂ フラッ クス観測研究	No.51 2014年 1月	旅客機を使って大気を測る—国際線で世界をカ バー
No.29 2008年 7月	ライダーネットワークの展開—東アジア地域のエ アロゾルの挙動解明を目指して	No.52 2014年 4月	アオコの有毒物質を探る—構造解析と分析法の 開発
No.30 2008年 10月	河川生態系への人為的影響に関する評価—より よい流域環境を未来に残す	No.53 2014年 6月	サンゴ礁の過去・現在・未来—環境変化との関 わりから保全へ
No.31 2009年 1月	有害廃棄物の処理—アスベスト、PCB 処理の一 翼を担う分析研究	No.54 2014年 9月	環境と人々の健康との関わりを探る—環境疫学
No.32 2009年 4月	熱中症の原因を探る—救急搬送データから見る その実態と将来予測	No.55 2014年 12月	未来につながる都市であるために—資源とエネ ルギーを有効利用するしくみ
No.33 2009年 7月	越境大気汚染の日本への影響—光化学オキシダ ント増加の謎	No.56 2015年 3月	大気環境中の化学物質の健康リスク評価—実験 研究を環境行政につなげる
No.34 2010年 3月	セーリング型洋上風力発電システム構想—海を旅 するウィンドファーム	No.57 2015年 6月	使用済み電気製品の国際資源循環—日本とアジ アで目指す E-waste の適正管理
No.35 2010年 1月	環境負荷を低減する産業・生活排水の処理システ ム—低濃度有機性排水処理の「省」「創」エネ化—	No.58 2015年 9月	被災地の環境再生をめざして—放射性物質による 環境汚染からの回復研究
No.36 2010年 4月	日本低炭素社会シナリオ研究—2050年温室効果 ガス70%削減への道筋	No.59 2015年 12月	未来に続く健康を守るために—環境化学物質の 継世代影響とエピジェネティクス
No.37 2010年 7月	科学の目で見える生物多様性—空の目とミクロの 目	No.60 2016年 3月	災害からの復興が未来の環境創造につながるまちづ りを目指して—福島発の社会システムイノベーション
No.38 2010年 10月	バイオアッセイによって環境をはかる—持続可能 な生態系を目指して	No.61 2016年 6月	「適応」で拓く新時代!—気候変動による影響 に備える
No.39 2011年 1月	「シリカ欠損仮説」と海域生態系の変質—フェリー を利用してそれらの因果関係を探る	No.62 2016年 9月	地球環境100年モニタリング—波照間と落石岬 での大気質監視
No.40 2011年 3月	VOCと地球環境—大気中揮発性有機化合物の 実態解明を目指して	No.63 2016年 12月	「世界の屋根」から地球温暖化を探る—青海・ チベット草原の炭素収支
No.41 2011年 7月	宇宙から地球の息吹を探る—炭素循環の解明を 目指して	No.64 2017年 3月	PM _{2.5} の観測とシミュレーション—天気予報のよ うに信頼できる予測を目指して
No.42 2011年 10月	環境研究 for Asia/in Asia/with Asia —持続可 能なアジアに向けて	No.65 2017年 6月	化学物質の正確なヒト健康への影響評価を目指 して—新しい発達神経毒性試験法の開発
No.43 2012年 1月	藻類の系統保存—微細藻類と絶滅が危惧される 藻類	No.66 2017年 9月	土壌は温暖化を加速するのか?—アジアの森林 土壌が握る膨大な炭素の将来
No.44 2012年 4月	試験管内生命で環境汚染を視る—環境毒性の <i>in</i> <i>vitro</i> バイオアッセイ	No.67 2017年 12月	遺伝子から植物のストレスにせまる—オゾンに対 する植物の応答機構の解明
No.45 2012年 7月	干潟の生き物のはたらきを探る—浅海域の環境 変動が生物に及ぼす影響	No.68 2018年 3月	スモッグの正体を追いかける—VOC からエアロ ゾルまで
No.46 2012年 10月	ナノ粒子・ナノマテリアルの生体への影響—分子サイ ズにまで小さくなった超微小粒子と生体との反応	No.69 2018年 6月	宇宙と地上から温室効果ガスを捉える—太陽光 による高精度観測への挑戦
No.47 2013年 1月	化学物質の形から毒性を予測する—計算化学に よるアプローチ	No.70 2018年 9月	和風スマートシティづくりを目指して

●環境儀のバックナンバーは、国立環境研究所のホームページでご覧になれます。
<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>

「環境儀」



地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように、『環境儀』という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すべしという意図が込められています。『環境儀』に正確な地図・行路を書き込んでいくことが、環境研究に携わる者の任務であると考えています。

2001年7月 合志 陽一
 (環境儀第1号「発刊に当たって」より抜粋)



このロゴマークは国立環境研究所の英語文字
 N.I.E.Sで構成されています。N=波(大気と水)、
 I=木(生命)、E=Sで構成される○で地球(世界)
 を表現しています。ロゴマーク全体が風を切っ
 て左側に進むようにする動きは、研究所の運動性・
 進歩・向上・発展を表現しています。

リサイクル適性 (A)

この印刷物は、印刷用の紙へ
 リサイクルできます。