

ライフスタイルの見直しを考慮した 環境バランスの将来展望 ーエコロジカル・フットプリントを用いてー

陳 鶴¹・松橋 啓介²・兪 仕怡³・谷口 守⁴

¹学生会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科(〒305-8573茨城県つくば市天王台1-1-1)
E-mail: chin.kaku@sk.tsukuba.ac.jp

²学生会員 国立環境研究所社会環境システム研究センター(〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)
E-mail: matuhasi@nies.go.jp

³学生非会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科(〒305-8573茨城県つくば市天王台1-1-1)
E-mail: s1620531@sk.tsukuba.ac.jp

⁴正会員 筑波大学大学院 システム情報系社会工学域(〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)
E-mail: mamoru@sk.tsukuba.ac.jp

日本は環境政策として長期の目指すべき社会像を想定したが、そのイメージがあるとしても、目標を達成するための具体的なアプローチが不明瞭である。そこで本研究では将来にライフスタイルの見直しを考慮した上、2035年までの環境バランスを4つのシナリオで分析した。また、エコロジカル・フットプリント指標を用いて、各シナリオにおける環境バランスの達成可能性を定量化した。その結果、1)集約的な国土構造と技術発展のシナリオでは環境バランスが達成した道県が多い、2)大都市圏に対してライフスタイルの見直しによる環境負荷量の削減が有効である、3)地方部は環境受容量の増加可能性が大きい、4)いずれのシナリオにおいても日本全体の環境バランスは達成できないが、個別な道県が達成するケースが見られたことを明らかにした。

Key Words : Sustainability, Ecological Footprint, Lifestyle, future forecast

1. 研究の背景と目的

18世紀以降の工業化に伴い、人間の生活は物質的な面で豊かに暮らすことが出来るようになった。一方、すでに1970年代にはローマクラブ¹⁾が、地球上の成長は限界があり、いまのようなライフスタイルを維持すると、資源・エネルギーの枯渇、地球温暖化などの問題がさらに顕著化にして、持続不可能な状況になることを指摘された。それに対して、近年、国連持続可能な開発会議(Rio+20)²⁾が開催されており、将来の持続可能性への関心が高いことが伺える。また、地球環境問題の中でも“地球温暖化”は早急に具体的な対応が必要な課題として、国際的な議論が活発に行われてきている。2015年の第21回気候変動枠組条約締約国会議(COP21)³⁾では、各国は新たな約束草案について合意に達し、日本は2030年度に2013年比で温室効果ガスを26%削減する約束草案を提出した。なかでも、居住者の暮らしに関する家庭部門CO₂については約40%の削減目標が掲げられた。その目標を実現するため、ライフスタイルを根本的に直す必要がある。

以上のような環境政策動向や人口減少・超高齢化

の社会現状などを踏まえて、日本は2015年に長期(2050年頃)・中期(2025~2030年頃)の目指すべき社会像を想定した⁴⁾。その中で、ライフスタイルの変革・新技術の発掘及び活用・農山漁村の保全と再生などの実現が重点課題としてまとめられた。しかしながら、持続可能な社会のイメージがあるとしても、目標を達成するための具体的なアプローチは不明瞭である。そのため、具体的な社会像を描くこと、また、その社会像に向けてどのようなライフスタイルの見直しが必要であることを、定量的に把握する必要がある。

また、近年では、「持続可能な社会」の考え方自体を見直す議論がされており、「環境という土台があってこそ社会が成り立ち、その上に経済が成り立つ」と認識を改めるべきとも提言されている。「持続可能性」を検討する上で、環境負荷側の視点と合わせて、“地球(ある地域)の有限性”¹⁾を念頭に置き、その地域が持つ環境的な容量の視点も踏まえることが求められよう。つまり、環境面からの持続可能性を検討する上では、“環境負荷・容量の両視点”が必要不可欠であり、これらのバランスがとれた環境改善策が必要となる。

これに対して、近年ではエコロジカル・フットプリント指標⁵⁾(EF指標)が着目されている。この指標は、人間活動に伴う食糧消費やCO₂排出、都市活動に必要な土地利用等々、様々な環境負荷を土地資源の消費面積に換算することで、同一基準によって包括的に評価できる指標である。さらに、それら環境負荷量に対して対象とする都市・地域内の環境受容量(農用地やCO₂吸収のための森林地等々)がどの程度存在するのか、持続可能性の観点から、それら環境バランスを比較することができる。

そこで本研究では、人口減少・技術の発展状況・居住者のライフスタイル変化を考慮して、将来的に発生する可能性がある社会像を想定する。また、エコロジカル・フットプリント指標を用いてそれぞれの将来像における環境バランスを評価し、持続可能社会に向けた取り組みのアプローチを模索する。

2. 研究の位置付けと研究内容

2.1 既往研究のレビュー

(1)地球環境の将来予測に関する研究

地球環境問題に関するシナリオが描かれるようになったのは、1972年に出版された「成長の限界」¹⁾以降である。その将来シナリオの着目点は、世界人口・経済と自然資源の制約との関係であった。1980年代には、持続可能な発展の観点から地球システムに関するシナリオが描かれた⁶⁾。1990年代から、地球温暖化に着目したIPCCの温室効果ガス排出シナリオ⁷⁾がある。また、IEA (International Energy Agency) のWorld Energy Outlook⁸⁾はエネルギー資源に関する予測を行っている。日本においても、2050日本低炭素社会シナリオ⁹⁾があり、日本における温室効果ガスの削減目標の達成可能性について検証を行った。しかし、日本における検討は特定の廃棄物に対する検討に限られ、様々な環境問題を網羅的に反映できる将来像はまだ十分に明確化されていない。また、産業・工業など巨視的な将来推計が多いが、居住者の意識を考慮して、ライフスタイルの見直しをシナリオに含めるものが見られない。

(2)エコロジカル・フットプリントに関する研究

EF指標は、1990年代初頭に Rees と Wackernagel によって考案された (Wackernagel, M. and W. E. Rees, 1996)⁵⁾。前述のように、EF指標とBC指標は同じ土地面積尺度で表現すれば、環境バランスを簡便に提示できる。EF指標は様々な国・地域により算出されている。WWFなどの「Living Planet Report」では、世界約150カ国のEF指標値を算出している¹⁰⁾。日本では和田(1995)¹¹⁾により個人に対してEF指標値が算出されている。また、清岡ら(2005)¹²⁾、氏原ら(2008)¹³⁾、Poomら(2014)¹⁴⁾によって、都道府県、自治体と集落スケールの研究が進められてきた。

EF指標の計画分野への活用を目的とした研究も

数多く見られる。都市基盤整備の差異をEF指標の観点で分析した研究¹⁵⁾、車利用抑制のためのソフト施策の実施における環境負荷削減効果の算出¹⁶⁾、資源の不均衡配分をEF指標で明らかにした研究¹⁷⁾、さらに、EF指標を用いた地域間キャップ&トレード制度の提案¹³⁾などは行われている。また、圏域に関する検討事例としては、環境バランスエリア概念を提出した研究がある¹⁸⁾。

2.2 研究内容

本研究では、人口減少・技術の発展・居住者のライフスタイルの見直しを考慮したうえで、エコロジカル・フットプリント指標を用いて将来における環境バランスを予測することを目的とする。全体の環境バランスを予測するため、研究対象は日本における全ての都道府県とする。人口減少・技術の発展・居住者ライフスタイルに関しては、シナリオ分析を用いて推測する。なお、ライフスタイルの見直しは居住者の意識に強く関わっているため、本研究は全国を対象にしたアンケート調査の結果に基づいて検討を行う。

また、シナリオ分析は、最も起こりうる単一の将来を想定するだけでは、幅を持った起こりうる将来に対応することができないと考えられる。将来には不確実性があり、将来の様々な状況に対して適切な対応政策や計画を検討することには、予測の意味がある。

以上なことによって、本研究は、まず3章ではアンケート調査について記載する。

4章では環境バランスを評価する指標(EF, BCと環境負荷超過率)の算出方法を明示する。ここでの算出はすべて公表されている統計データを使用している。

5章では、将来予測のシナリオ分析を行う。まず、様々な社会の変化動向をとらえて、2つのキードライブを抽出し、4つの将来像を想定する。EF指標を用いて各将来像の環境バランスを定量化し、ライフスタイルの見直しが環境バランスに与える影響を明らかにする。

3. アンケート調査の説明

本研究に際して実施したアンケート調査概要を表-1に示す。

表-1 アンケートの概要

| アンケート調査の概要 | | | | | |
|------------------------|------------------------|--------|--------|--------|-------|
| 調査方法 | インターネットによるアンケート調査 | | | | |
| 調査対象 | 日本における住民(各年齢階層別、都市規模別) | | | | |
| 調査期間 | 2015年12月18~21日 | | | | |
| 年齢階層別、都市規模別回収数(総数3000) | | | | | |
| | 15~34歳 | 35~44歳 | 45~54歳 | 55~64歳 | 65歳以上 |
| 大都市 | 108 | 109 | 106 | 105 | 111 |
| 中都市1 | 121 | 122 | 123 | 125 | 125 |
| 中都市2 | 120 | 123 | 123 | 127 | 123 |
| 小都市 | 118 | 123 | 125 | 123 | 127 |
| 町村 | 114 | 123 | 124 | 126 | 126 |

本研究では居住者の意識を網羅的に把握するため、広い範囲でより多いサンプルを取ることが望ましい。よって、全国3000人を対象に、2016年2月4日から2月8日までの期間で、インターネットアンケート調査を実施した。様々な属性のサンプルをとるため、地方・都市規模・年齢層別にセルを設定し、各セルにおいては均等割り付けを行う。都市規模は、家計調査の設計¹⁹⁾を参考にし、大都市は「東京都都区部・政令指定都市」、中都市は「政令指定都市を除く人口15万以上の市」、小都市は「人口5万以上15万未満の市」、町村は「人口5万未満の市」と定義する。

アンケート調査の項目については、個人属性の他、ライフスタイルの見直しの実施意向について尋ねた。ライフスタイルの見直しに関する質問は、(1)食料自給率に関するもの（「国産飼料使用の肉を購入」・「国産小麦使用のパン・麺を購入」）、(2)交通エネルギー消費に関するもの（ガソリン価格の調整への対策）、(3)家庭エネルギー消費に関するもの（電気代の調整への対策）の3つがある。具体的な質問内容とライフスタイルの見直し行動を表-2に示す。

4. 環境バランス評価ツール

4.1 EFとBCの計算手法

表-2 アンケートの内容

| 項目 | 質問 | 選択肢 | 行動(略称) | 対応EF要素 |
|---------------------------|---|-------------------------------------|-----------|-------------------|
| 「飼料も国産」の国産肉類の購入 | 「飼料も国産」の肉類よりも何%程度高くなっても購入したいと思うか (50%、30%、20%、10%) | 「飼料も国産」の国産肉購入 | | 耕作地EF、エネルギーEF輸送部門 |
| | | 「国産小麦」パン・麺の購入 | | |
| ガソリン価格の値上げ(10%値上げ、30%値上げ) | それぞれのガソリン価格の値上げの程度について、考えられる最も近い対策をお選びください | 特に何もしない・今まで通り自家用車を使用する | 何もしない | エネルギーEF交通部門 |
| | | 前より(さらに)外出の回数を減らす | ガソリン節約 | |
| | | 自家用車で移動する距離を短くする | 約 | |
| | | 今まで自家用車で行っていた移動を、公共交通、自転車、徒歩などへ代替する | 移動代替 | |
| | | ハイブリット車(HV)への乗り換える | HV乗換 | |
| | | プラグインハイブリッド(PHEV)車への乗り換える | PHEV乗換 | |
| 電気代の値上げ(10%値上げ、30%値上げ) | それぞれの電気代の値上げの程度について、考えられる最も近い対策をお選びください | 特に何もしない・今まで通り生活する | 何もしない | エネルギーEF家庭部門 |
| | | 以前より(さらに)節約する | 電気節約 | |
| | | 省エネ家電への買い替えや、省エネリフォームをする | 省エネ購入 | |
| 属性 | | 太陽光発電設備の設置をする | 太陽光発電設備購入 | |

EF指標とは、人間活動に伴うCO₂排出量や各種資源消費等を土地面積に換算して表す総合的な環境指標である⁴⁾。EFを構成する要素を表-1に示す。BCとは、EF指標値の各構成要素を受け入れるための土地利用面積。EF指標値とBC値を比較することで、人間活動のオーバーシュート(環境負荷超過率)を定量的に示すことができる。

EFとBCの計算手法については、対象とする都道府県内に居住している人々の個人消費に着目した氏原ら(2010)¹³⁾より、Ujihara-Taniguchi Model(以下UTモデル)を用いる。このUTモデルによる計算が、個人の生活によるEFと、都市の有するBCと環境バランスと結び付けて分析しようとするため、本検討に最適である。

EFの各構成要素は表-3に示す通りである。

- 1) 耕作地 EF: 食料, 動物飼料, 衣料の為の作物生産に必要な耕作地
- 2) 牧草地 EF: 食肉, 牛乳, 毛糸の為の動物に必要な牧草地
- 3) 森林地(紙製品) EF: 製紙材料を採取するための森林地
- 4) 都市的土地利用 EF: 都市的な活動を提供するために必要な土地
- 5) エネルギーEF: 排出された二酸化炭素を吸収するために必要な森林地(民生家庭, 交通, 海外輸入による輸送)

BCとは、EF指標値の各構成要素を受け入れるための土地利用面積(例えば、対象地域の食料消費に伴って必要となる農用地を、その対象地域内でどれだけ準備できているか等)のことを指す。つまり、表-3の各構成要素に対応する形で、それぞれの都道府県内に存在する耕作地・森林地・牧草地・都市利用の土

表-3 EFの各構成要素

| EF指標の各構成要素 | 算出式 | 変数説明 | |
|------------------------|---|---|--|
| 1) 耕作地 | $F_j^k = \sum_{n=1}^{10} p_n^k \times f_{nj}$ | f_{nj} : 年齢階層 <i>n</i> における品目 <i>j</i> の一人あたり消費量(ton/人) A_j : 品目の土地生産性(ton/ha) p_n^k : 都道府県 <i>k</i> における年齢階層 <i>n</i> の人口(人) | |
| 2) 牧草地 | $EF_{fg}^k = \sum_{n=1}^{10} \frac{F_j^k}{\alpha_j}$ | j : 国民栄養調査による14区分 n : 国勢調査による10区分 | |
| 3) 森林地(紙製品) | $EF_p^k = \frac{p_n^k}{p} \times q \times \sum_{m=1}^3 \frac{w_m}{\beta_m}$ | W_m : 輸入先別 <i>m</i> のルブ・チップ需要量(日本)(mT3) β_m : 輸入先別 <i>m</i> の森林蓄積成長量(mT3/ha) p : 日本人口(人) q : 家計消費割合(%) | |
| 4) 都市用地 | $EF_b^k = b_i^k$ | b_i^k : 都道府県 <i>k</i> における項目 <i>i</i> の面積(ha) | |
| 5) CO ₂ 吸収地 | 民生家庭部門 | $EF_h^k = p_n^k \frac{E_e^k \times r_g}{r_s}$ | E_e^k : 都道府県 <i>k</i> のエネルギーの年間消費量(kWh/人) r_g : エネルギーの調整後排出係数(ton-CO ₂ /kWh) r_s : 森林の二酸化炭素効率(ton-CO ₂ /ha) S : 3区分(電気・ガス・灯油) |
| | 民生交通部門 | $EF_t^k = p_n^k \frac{E_c^k \times r_g}{r_s}$ | C^k : 都道府県 <i>k</i> の年間ガソリン消費量(CC/人) r_g : ガソリンの調整後排出係数(ton-CO ₂ /CC) |
| | 輸送部門 | $EF_l^k = \frac{p_n^k \times r_g}{p \times r_s} \sum W \times U_{co_2(k)} \times L$ | W : 輸送量(ton) $U_{co_2(k)}$: 交通手段 <i>k</i> のCO ₂ 排出原単位(g-CO ₂ /ton·km) L : 輸送距離(km) |

地面積とする。

4.2 環境負荷超過率の算出

環境負荷超過率は、「対象とする地の環境受容量に対して、その集落から発生する環境負荷量が、どの程度超過しているのか、それら環境受容量と環境負荷量とのバランスを示す定量的な指標」と定義した。環境負荷超過率 (r_k) の算出式を以下に示す。

$$r = \frac{EF}{BC} \quad (1)$$

5. 環境バランスの将来予測

日本は、人口減少という歴史的な転換点を迎えた。しかし、世界的には人口爆発的に増加が続き、新興国における経済発展は目覚ましいため、地球温暖化、化石エネルギー資源不足などの影響が顕在化している。それに対して、環境教育、再生エネルギーの利用、スマートグリッドの構築、コンパクトな都市構造への変換、など、社会・技術・国土構造など様々な側面での取り組みが進んでいる。そこで、将来における不確実性が高い、かつ環境バランスへの影響が高いと考えられる二つのキーワードを抽出して、シナリオ分析を行う。シナリオのイメージ図は図-1に示す。

本研究では、キーワードの一つが国土の構造であると考えられる。環境負荷への考慮、都市整備財源の減少、インフラの老朽化、ガソリンの価格高騰などが予測され、集約型都市構造が求められていることが数多くの研究者により指摘されている。一方、個人の考え方によって、必ずしも大量消費生産のライフスタイルを継続したいわけではなく、Uターン・Iターン・Jターンなど郊外・集落（農山漁村）へ移住するケースが数多く見られている。そのため、将来的には分散型の国土構造になる可能性もあると考えられる。二つ目のキーワードはエネルギー利用のスタイルの観点から、技術発展と自然回帰の軸である。それは「科学技術の発展により化石燃料に依存しなくても持続可能になる」と、「技術に頼らず昔ながらの自然と共存した生活を暮らす」という二つの考え方に基いて設定した。

集約型な国土構造になっていくと、人口は大都市

へ集中し、農村部は過疎化が進むと想定できる。集約によって、土地利用が高度化し、退化した施設・住宅を自然資源に回帰することができる。分散型は農村へ人口流出する傾向があると考えられる。また、技術発展の場合には、太陽光など再生可能エネルギー利用の増加と、農林業の大規模化が可能となる。自然回帰の場合には、農林業の魅力が高まり、農林業労働者数も増える傾向があると想定する。

5.1 シナリオの設定

本研究では、エコロジカル・フットプリント指標を用いて将来の環境バランスを予測する。そのため、EF 指標・BC 指標を算出するための人口、資源消費量、森林・耕作地面積などを予測する必要がある。そこで、前述したシナリオに関連性があり、かつ EF 指標と BC 指標の値に影響が高い項目について、予測を行う。具体的には、将来の人口、ライフスタイル、耕作地面積の3つの項目を対象にし、将来の値を一定の仮説に基づいて算出する。シナリオの設定を表-4に示す。

(1) 人口

人口は「国立社会保障・人口問題研究所」²⁰⁾を参考にして、コーホート法で算出する。そのコーホート法は、将来の生残率、将来の純移動率などの要素について、仮定値によって推計した。本研究では、将来の集約、及び分散の国土構造を考えるため、将来の純移動率を「国立社会保障・人口問題研究所」²⁰⁾と異なる数値で算出する。集約のシナリオでは、大都市圏へ純移動率高く、分散のシナリオでは、大

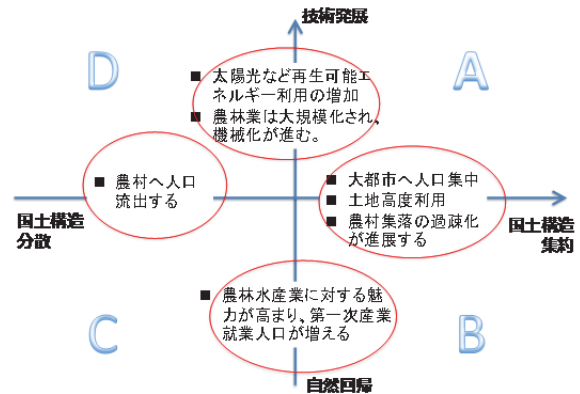


図-1 シナリオの概念図

表-4 シナリオの設定

| 項目 | 予測対象 | A | B | C | D |
|---------|------------|---------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| | ライフスタイル | 国土構造集約×技術発展 | 国土構造集約×自然回帰 | 国土構造分散×自然回帰 | 国土構造分散×技術発展 |
| 人口 | 将来の純移動率 | 大都市圏への純移動率: 過去の最大値(5年毎) | | 5年毎の大都市圏以外への純移動率: 過去の最大値(5年毎) | |
| 耕作地面積 | 労働力変化率 | 過去の平均値(5年毎) | | 変化なし | |
| | 労働力当たり耕作面積 | 高くなる 増加率: 過去の最大値(10年毎) | | 現在(2010年)と同様 | |
| ライフスタイル | 自然志向 | 割合が定率で減少 | | 割合が増える(5年毎5%増) | |
| | 技術志向 | 割合が増える(5年毎5%増) | | 割合が定率で減少 | |
| | 便利性志向 | その他・何もしない | | 割合が定率で減少 | |

都市圏以外への純移動率が高いと設定する。都道府県別の将来の純移動率は、過去（1970 年～2010 年）の実績値の最大値を使用する。また、本研究では、都道府県レベルを対象にしているため、計算の便宜上、「大都市圏」の算出は県庁が三大都市圏²¹⁾に含まれた都道府県を対象にする。具体的には、東京都・埼玉県・千葉県・神奈川県・愛知県・大阪府・京都府と兵庫県である。

(2) 耕作地面積

日本では、バブル以降、高齢化による離農や労力の割に生産性が低いなどの原因で、耕作地面積は年々減少している。本研究では、耕作地面積は労働力当たり耕作面積と農業労働人口により推計し、算出方法を式(2)に示す。農業労働人口はコーホート法によって推計するが、実際に個人意識によって転職する人もいる。その年齢階層別の変化を労働力変化率と定義する。農業労働人口の算出方法は式(2)に示す。自然回帰のシナリオでは、農林業の魅力が高まり、他の職業へ転職する人がいないと想定し、労働力変化率を 1 に設定する。技術志向のシナリオでは、労働力変化率が過去と同様（1970 年～2010 年の間の平均値）と設定する。

また、労働力当たり耕作面積については、技術の優劣や大規模化の有無によって、都道府県間で大きな差がある。この値は、技術発展のシナリオで高くなると設定し、その増加率は過去（1970 年～2010 年）の最大値を用いて算出する。自然回帰のシナリオで変化がないと設定する。

$$Area_{farm} = FarmP_n^g \times Area_{person} \quad (2)$$

$$FarmP_n^g = \gamma \times FarmP_{n-1}^{g-5} \quad (3)$$

$Area_{farm}$: 耕作地面積 (ha)

$FarmP_n^j$: n 年に年齢階級 j の農業労働力 (人)

$Area_{person}$: 労働力あたり耕作面積 (ha/人)

γ : 労働力変化率

n : 年

g : 5 歳階級の年齢階級

(3) ライフスタイル

ライフスタイルの見直しによって、環境負荷の削減が期待されている。一方、ライフスタイルは、個人意識、社会的環境の変化や、国の教育の方針による大きく変わると思われる。本研究ではある仮定値を設定して推計し、各ライフスタイルのシナリオに対する特性（感度）が異なることについて、検討を行う。ライフスタイルの見直しによる環境負荷削減量の算出については、それぞれ削減できる EF 要素のうち、その実践可能性を加味し、潜在的な削減量を算出する。また、ライフスタイルは複数の行動を含んでいる、各ライフスタイルに対応した行動を表-4 に示している。各行動の実践可能性（各行動を実践したいと回答した人の割合）は、アンケート調

査から把握する。各行動が削減できる EF 要素は、表-2 に示したアンケート調査の項目に対応している。

ライフスタイルの見直しによる環境負荷削減量は式(4)で算出する。

$$EF_s = \sum EF_j \times r_i \times \eta_{ij} \quad (4)$$

EF_s : シナリオ s の環境負荷削減量

EF_j : EF の構成要素 j

r_i : 行動 i の実践程度

η_{ij} : 行動 i の補足条件 j

「飼料も国産」の国産肉類の購入の補足条件はアンケート調査からの平均「国産肉購入率」と平均「家庭調理頻度」により把握する。「国産小麦」パン・麺購入の補足条件も同アンケート調査からの平均「家庭調理頻度」とする。「ガソリン節約」・「移動代替」「HV 乗換」「PHEV 乗換」「EV 乗換」の補足条件は「ガソリン使用量削減率」である。「ガソリン節約」・「移動代替」の削減率は 15% と設定する。「HV 乗換」「PHEV 乗換」「EV 乗換」の削減率はアンケートからそれらの車種を所有する人と所有していない人のエネルギー消費量の差で推計する。「電気節約」については「家庭の省エネ徹底ガイド」²²⁾を参考にし、すべての対策（機器の買替を除く）を同時に実施する最も電気が節約される状況を想定する。それに基づき、補足条件となる「電気使用量削減率」を 15% に設定する。「省エネ購入」については、環境省省エネ製品買換ナビゲーション²³⁾と低炭素社会に向けた住まいと住まい方推進会議第一回の資料²⁴⁾を参考にし、補足条件の「電気使用量削減率」を 50% に設定する。「太陽光発電設備購入」の補足条件については、太陽光発電学会から算出された年間予想発電量²⁵⁾を参考にし、80% に設定する。

5.2 結果

4.1 のシナリオ設定によって推計した将来の環境バランスを図-2 と図-3 に表す。図-2 は日本全体の環境バランスの予測、図-3 はシナリオ A とシナリオ C の都道府県別の予測を示している。これらの図から以下のことが言える。

- 1) 図-2 から技術発展のシナリオは自然回帰のシナリオより、環境負荷量がより低くなることを示した。技術発展×国土構造集約のシナリオは最も環境受容量が高く、自然回帰×国土構造分散のシナリオは最も環境受容量が低いことを明らかにした。いずれのシナリオにおいても、日本は 2035 年まで環境バランス (r=1) を達成することができないことが示された。
- 2) 日本国面積の約 80% が環境受容量になっており、将来的に環境受容量がさらに増えるポテンシャルは高くない。一方、ライフス

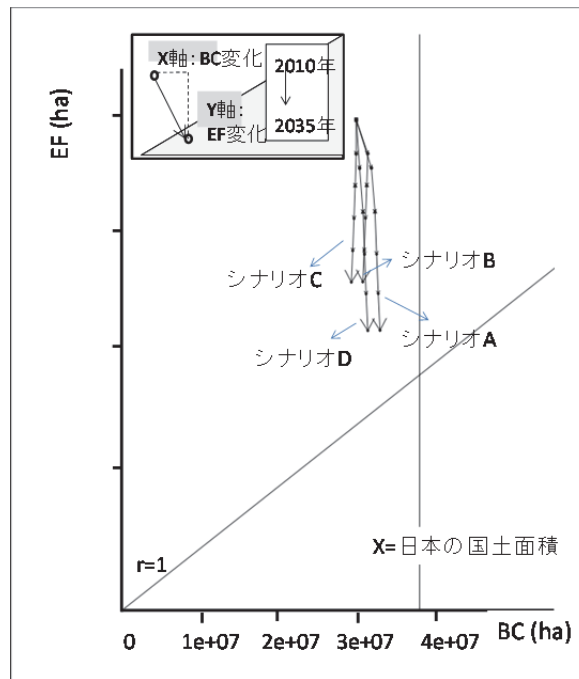


図-2 日本における環境バランスの将来予測

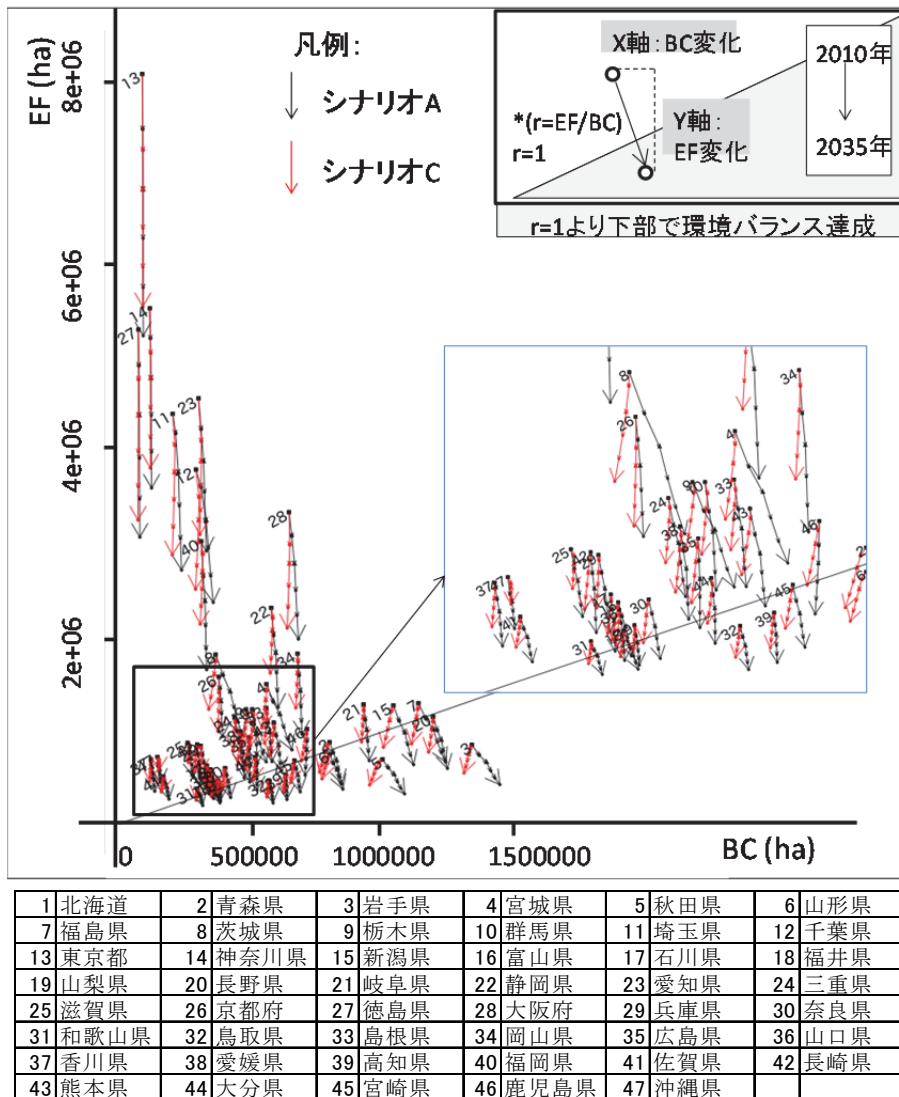


図-3 都道府県別における環境バランスの将来予測 (シナリオ A・C)

タイルの見直しによる環境負荷量の削減は顕著に見える。日本全体の環境バランスの達成には、環境負荷量の削減が有効であると考えられる。

- 3) 図-3 から各都道府県における将来環境バランスの達成状況を明らかにした。東京都・神奈川県・愛知県など三大都市圏における都道府県に関しては、環境負荷量が大幅に減少していくに対して、環境受容量の変化がほとんどない。これらの都道府県は2035年まで環境バランス ($r=1$) を達成することができない。
- 4) 岩手県・長野県・岐阜県・奈良県など多くの道県は、将来的に環境バランスを達成する可能性がある。
- 5) 熊本県・広島県では、技術発展×国土構造集約のシナリオでは環境バランスが達成できるが、自然回帰×国土構造分散のシナリオでは達成できない。
- 6) 都道府県の特徴によって、環境負荷量と環境受容量の変化の程度が異なっているが、全体的には技術発展×国土構造集約のシナリオの環境バランスがより良いことが言える。

6. 結論

本研究では、人間活動から発生した環境負荷と地域を持つ環境的な容量とのバランスに着目し、国土構造・技術発展などを考慮したシナリオ分析を通じて、将来の環境バランスを検討した。また、個人意識を考慮して、ライフスタイルの見直しが将来の環境バランスに与える影響を明らかにした。その結果、人口減少・高齢化という大きな社会背景において、持続可能社会を実現するためには、集約型国土構造と科学技術の発展が重要であることを明らかにした。また、ライフスタイルの見直しによって、2035年まで日本全体で環境バランスを達成することができないが、個別の道県が達成する可能性がある。

一方、本研究で算出した環境負荷は居住者の個人消費に着目したが、家具製品・タバコなどの消費財が考慮されていない。また、国土構造の考え方として、人口の移住を考慮したが、移住による土地の変化や、低未利用地の自然再生などの検討が必要である。ライフスタイルの見直しについては、太陽光発電施設や電気自動車の利用を分析したが、バイオマスや水素といった新エネルギーの利用可能性も今後のアンケート調査で補足する価値があると考えられる。

謝辞：本研究の実施においては JSPS 科学研究費(26289170, 代表者：谷口守)の助成を得た。記して謝意を申し上げる。

参考文献

1. Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, etc.:The Limits to Growth A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind, Universe Books, 1972(邦訳: 大来佐武郎監訳, ローマ・クラブ「人類の危機」レポート 成長の限界, ダイアモンド社, 1972)
2. 外務省「国連持続可能な開発会議(リオ+20)」: http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/rio_p20/gaiyo.html, (最終閲覧 2016.07)
3. United Nations. Framework Convention on Climate Change. http://unfccc.int/meetings/paris_nov_2015/meeting/8926.php, (最終閲覧 2016.7)
4. 環境省「環境研究・環境技術開発の推進戦略について」: <http://www.env.go.jp/press/101295.html>, (最終閲覧 2016.07)
5. Wackernagel, M. and W. E. Rees:Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth, New Society Publishers (Canada),1996.(邦訳:和田喜彦監訳 エコロジカル・フットプリント - 地球環境持続のための実践 プランニング・ツール -, 合同出版,2004)
6. Gallopin, G., Hammond, A., Raskin, P., and Swart, R., Branch Points: Global Scenarios and Human Choice, Polestar Series Report no.7, Stockholm Environment Institute (SEI), Boston, 1997
7. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2014 Synthesis Report: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>, (最終閲覧 2016.07)
8. International Energy Agency, Energy and Air Pollution 2016 - World Energy Outlook Special Report: <http://www.worldenergyoutlook.org>, (最終閲覧 2016.07)
9. 2050 日本低炭素社会」シナリオチーム, 2050 日本低炭素社会シナリオ: 温室効果ガス 70%削減可能性検討 : http://2050.nies.go.jp/report/file/lcs_japan/2050_LCS_Scenario_Japanese_080715.pdf, (最終閲覧 2016.07)
10. WWF:エコロジカル・フットプリント・レポート日本 2012, <http://www.wwf.or.jp/activities/lib/>, (最終閲覧 2016.7)
11. 和田喜彦:「エコロジカル・フットプリント」分析の考え方と日本への適用結果-日本人の資源消費水準は持続的か?,産業と環境,pp.58-63,1995
12. 清岡拓未, 谷口守, 松中亮治: エコロジカル・フットプリント指標を用いたローカールスケールでの持続可能型土地利用政策の検討, 都市計画論文集, No.40-3, pp.55-60, 2005
13. 氏原岳人・谷口守・松中亮治: エコロジカル・フットプリント指標を用いた環境負荷の地域間キャップ&トレード制度の提案-“身の丈にあった国土利用”に向けた新たなフレームワークの構築 -, 都市計画論文集, No.43-3, pp.877-882, 2008
14. Poom A., Ahas R., Orru K.: The Impact of Residential Location and Settlement Hierarchy on Ecological Footprint, Environ Plan A, vol.46 no.10, 2369-2384, 2014
15. Barrett,J.and Scott A.:An Ecological Footprint of Liverpool:Developing Sustainable Scenarios,Stockholm Environment Institute,Stockholm,2001.

16. Birch.R. Wiedmann T., and Barrett.J : The Ecological Footprint of Greater Nottingham and Nottinghamshire,Results and Scenarios,2005.
17. Duro, J.A., Figueras, J.T. : Ecological footprint inequality across countries: The role of environment intensity, income and interaction effects, Ecological Eco- nomics, 93, 34-41, 2013.
18. 谷口守・伊勢晋太郎・陳鶴・村上暁信 (2014) 環境バランスエリアの創世に関する試論－茨城県を対象としたケーススタディー, 土木学会論文集 D3, Vol.70, No.5 (土木計画学研究・論文集, Vol.31) , pp.93-102.
19. 総務省統計局. 家計調査標本設計の概要 (平成 25 年) : <http://www.stat.go.jp/data/kakei/hyohon.htm>, (最終閲覧 2016.07)
20. 国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口 (平成 24 年 1 月推計)」 : <http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/newest04/hh2401.asp>, (最終閲覧 2016.07)
21. 総務省「三大都市圏等関連資料」, http://www.soumu.go.jp/main_content/000354244.pdf , (最終閲覧 2016.07)
22. 経済産業省資源エネルギー庁, 「家庭の省エネ徹底ガイド」, http://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/pdf/katei_tettei.pdf, (最終閲覧 2016.6)
23. 環境省省エネ製品買換ナビゲーション「しんきゅうさん」, <http://shinkyusan.com/simulate.html>, (最終閲覧 2016.6)
24. 国土交通省「低炭素社会に向けた住まいと住まい方推進会議」第一回配布資料, http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/jutakukentiku_house_tk4_000024.html, (最終閲覧 2016.6)
25. 太陽光発電協会. 太陽光発電システム手引書－基礎編. 2010. (受付)