

速報

少子高齢化社会における九州地方の人工林の分布と生育環境 —人口シナリオと限界自治体指標による推定—^{*1}

鳥山淳平^{*2}・橋本昌司^{*3,4}

鳥山淳平・橋本昌司：少子高齢化社会における九州地方の人工林の分布と生育環境—人口シナリオと限界自治体指標による推定—九州森林研究 76：117—120, 2023 我が国の少子高齢化のさらなる進行は、65歳以上が半数以上を占める限界自治体における道路インフラの維持を困難にし、結果としてアクセス可能な人工林の分布域を絞り込む可能性がある。本研究では、将来の限界自治体に含まれる人工林は相対的に高標高で冷涼なエリアにあるという仮説をたて、これを検証するため3次メッシュの人口シナリオを利用し、2050年時点の限界および非限界自治体に含まれるスギ・ヒノキ人工林の分布域を推定した。九州地方では2050年の限界自治体に含まれる人工林は、現状の人工林の27%に相当し、非限界自治体の人工林より平均標高が97m高く、平均気温が0.5℃低いエリアに分布した。九州の中では宮崎県がもっとも両者の差が大きく(253mの標高差と1.9℃の気温差)、本研究の仮説を支持した。一方熊本県、長崎県では仮説を支持せず、各県で傾向が異なることが明らかとなった。一連の結果から、少子高齢化に対しても気候変動対策と同様に、緩和策(出生率の向上等)のみならず、適応策(林業セクターでは将来予測に基づく育成単層林の適正配置等)の確立が今後重要となると考えられた。

キーワード：少子高齢化, スギ・ヒノキ人工林, 限界自治体, 気候変動

I. はじめに

現代において少子高齢化は、先進国を中心に世界規模の課題となっている。とりわけ日本は世界で最も少子高齢化が顕著な国家である。日本の少子高齢化による労働力の不足は、多岐にわたる産業セクターに影響を与えている。森林・林業・木材産業においても、地方の少子高齢化が労働力減少の一因となっていることは論をまたない。

一方で、少子高齢化のさらなる進行は、労働力不足とは別の問題を引き起こす可能性がある。大野は80年代後半、高知県の山村のフィールドワークにもとづき、65歳以上が半数以上を占める集落では、スギ・ヒノキ人工林の維持管理のみならず、冠婚葬祭や田役、道役などの社会的共同生活そのものの維持が困難になり、やがて集落が消滅する道をたどると指摘した(大野, 2005; 2008)。これはいわゆる「限界集落」の提唱であるが、大野は限界集落を抱える自治体の現状についても考察しており、65歳以上が半数を占める「限界自治体」では、自主財源の減少と高齢者福祉関連の支出増に伴い、財政問題がより顕著になると指摘した(大野, 2005; 2008)。森林管理の視点から限界自治体をみた場合、老朽化が進む道路インフラを将来にわたり維持することが極めて難しい点が問題となる。例えば、ある限界集落が住民不在の状態に移行した段階で、その集落にアクセスするための市町村道および県道(橋、トンネルを含む)を改修し、維持することは財政的な限界がある。このとき、周辺の人工林にアクセスする道路(林道につながる一般道路)が整備されなければ、森林管理も木材の搬出も継続できない。このように、全国的な限界自治体

の増加は、アクセス可能な人工林の分布域を絞り込む可能性がある。

近年は、気候変動が人工林の生産力や脆弱性に与える影響の将来予測が重要な研究課題となっている(Toriyama *et al.*, 2021 a)。これらの研究では、将来的な人工林の分布の変化を想定していない。しかしながら、限界自治体の増加により、現在の人工林が将来的に到達可能なものと困難なものに別れてゆくと仮定した場合、両者は異なる生育環境をもつ可能性がある。仮説としては、将来的に限界自治体にかかる(アクセスが困難となりうる)人工林はより高い標高に分布し、相対的に冷涼な気候条件にあると考える。別の見方をすると、日本の人工林の分布を総体でとらえたとき、実際の気候変動とは別の、追加的な温暖化効果が存在する可能性がある。

上記の仮説を検証するため、本研究では基準地域メッシュ(3次メッシュ)の人口シナリオと限界自治体指標にもとづき、2050年時点で限界自治体に含まれるスギ・ヒノキ人工林の分布域を推定する。さらに標高および将来の気候シナリオのメッシュデータを利用し、上記の人工林の生育環境(本稿では標高と気温による)について検討を行う。解析では九州地方に焦点をあて、特徴的な分布域のパターンを示す一部の県について議論する。以上の解析により、少子高齢化の進行が人工林の分布と生育環境に与える影響について、我が国で初となる定量的な評価を行う。

II. 材料と方法

本研究では複数の基準地域メッシュのデータセットを利用する。

^{*1} Toriyama, J., Hashimoto, S.: Spatial distribution and growth environment of tree plantations in Kyushu region under the aging society with fewer children -An estimation using a population scenario and the marginal community index-

^{*2} 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst. (FFPRI), Kumamoto 860-0862, Japan

^{*3} 森林総合研究所立地環境研究領域 Dep. of Forest Soils, FFPRI, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan

^{*4} 東京大学大学院農学生命科学研究科 Grad. Sch. of Agri. and Life Sci., The Univ. of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657, Japan

人口シナリオは、国立環境研究所（2021）の「環境研究総合推進費2-1805成果（日本版 SSP 市区町村別人口シナリオ第2版）」の2015年（現状）と2020～2100年（将来予測）のプロダクトのうち、2015年と2050年の1 km メッシュ別人口シナリオを利用する。同プロダクトは国立社会保障・人口問題研究所（2017）が過去の出生率、死亡率等の市町村統計データにもとづき推定した将来予測がベースとなっており、各メッシュに5歳階級の人口（人/km²）が割り振られている。本研究ではさらに同プロダクトのSSP1～5（SSP：Shared Socio-economic Pathway, 共通社会経済経路）の社会シナリオ群から、SSP1（持続可能）シナリオに絞って解析を行う。その理由として、近年の将来予測研究ではSSP1と後述の気候シナリオRCP2.6（化石燃料の消費を抑えた持続可能な社会）をあわせたSSP1-2.6シナリオが、いわゆる2℃目標（地球全体の平均気温の上昇を、産業革命前と比べ2℃未満に抑える社会シナリオ）に相当する標準的シナリオとして、広く採用されることによる。これにより本研究の人口シナリオでは、日本全国の人口が2015年の1億2,709万人から2050年の1億606万人まで17%減少し、高齢化率（65歳以上の占める割合）は27%から36%まで上昇する。九州地方においても全国と同等の人口減少率と高齢化率を示す。本研究の全国の市町村数はSSP1シナリオが含む1,902の行政区域（772市、743町、189村、23特別区、175政令都市区）のうち、気候シナリオがカバーする1,890である。このうち限界自治体は2015年で21市町村（全体の1%）、2050年で511市町村（同27%）存在する。本研究では2015年のすべての市町村に含まれる人工林を「現状」の分布として扱う。また本研究では国有林と民有林の双方を含む形で解析を行う。

気候シナリオは人口シナリオに対応した、第6次結合モデル相互比較プロジェクト（CMIP6）のRCP1-2.6から、5つの気候モデル（石崎, 2021）の平均値を利用する。限界および非限界自治体の気温差を推し量る目的であれば、現状の気候メッシュデータのみで十分であるが、本稿ではその気温差のインパクトを気候変動の観点から評価するため、将来の気候シナリオを併用する。現状と将来の年平均気温をそれぞれ、2010-2014年と2046-2050年の5年間の平均値とする。標高データは国土数値情報（国土交通省, 1981）を利用する。人工林の分布メッシュは、国家森林資源データベース（松本, 2007）を3次メッシュ単位に再構成したものを利用し、森林面積（メッシュあたり0.4 km²以上, Toriyama *et al.*, 2021 b）と優占樹種（スギまたはヒノキ）の情報にもとづき抽出する。本研究で扱う人工林の空間分布はスギ・ヒノキ林の分布の近似であり、九州地方では16,252メッシュの森林面積（平均で0.87 km²/メッシュ）を合計した値（14,110 km²）は、実際のスギ・ヒノキ林の面積（13,182 km², 林野庁, 2017）より7%程高くなっている。

Ⅲ. 結果と考察

九州地方のスギ・ヒノキ人工林の分布と人口シナリオの関係を表-1に示す。九州地方の16,252の人工林メッシュのうち、2050年の限界自治体がかバーするメッシュは4,388メッシュで、27%に相当した（表-1）。これは日本全国の40%（表-1）とく

らべて低く、全国の限界自治体の割合（27%, 1,890のうち511）よりも九州地方の割合が低い（21%, 249のうち53）ことが要因とみられた。県別にみると長崎、熊本、宮崎の限界自治体率の高さが目立ち（表-1）、これ以降は同3県に特に着目して記述する。

スギ・ヒノキ人工林の平均標高をみると、全国スケールでは現状（図-1 a の B）で443 m に対し、将来の非限界自治体（2050年, 図-1 a の Fa）が435 m, 限界自治体（同年, 図-1 a の Fb）が454 m でほぼ違いがなかった。これに対し九州地方では、現状の平均標高が398 m, 将来の非限界および限界自治体がそれぞれ372, 469 m で、限界自治体の人工林がより高標高に分布する特徴を示した（図-1 b）。九州地方の3県は異なる傾向を示した。宮崎県では限界自治体の人工林が非限界自治体より253 m 高く、3県の中で限界・非限界自治体の差が最も大きかった（図-1 c）。一方熊本県は両者の平均標高が同程度で、長崎県では宮崎県と反対に、非限界自治体より限界自治体が108 m 低かった（図-1 d, e）。

次に年平均気温をみると、本研究の対象とする全国のスギ・ヒノキ林が、現状で12.6℃, 将来の気候シナリオで13.8℃で、昇温幅が1.2℃であった（図-2 a の B と Fab の比較）。この昇温幅は日本全国でほぼ同等であった。将来の気候シナリオにおいて非限界自治体（14.1℃）と限界自治体（13.5℃）の人工林の差が0.6℃となっており（図-2 a の Fa と Fb の比較）、両者の平均標高差（19 m）の割に気温差があらわれた。本稿では詳細を省略するが、東北地方や東海地方では標高と気温の平均値の関係が気温通減率（標高100 m の上昇に伴う気温0.65℃の下降）と合わないため、全国規模ではこれらの地方の影響を含むと考えられる。一方、九州地方では非限界・限界自治体の人工林の気温差は0.5℃で（図-2 b）、平均標高差（97 m）からみた気温通減率に近いレンジと考えられた。宮崎県では、非限界・限界自治体の人工林の平均気温差が大きく、気候変動による昇温（1.1℃, 図-2 c の B から Fab）に加え、人口シナリオを反映した人工林の平均標高の低下により、さらに0.7℃の昇温効果（図-2 c の Fab から Fa）が生じることが示唆された。これに対し熊本県では、人口シナリオが人工林の平均気温に与える影響はほぼ無く、逆に長崎県では0.1℃の降温効果が生じる可能性が示唆された（図-2 d, e）。

以上の結果をまとめると、本研究の仮説は一部支持された。冒頭で述べた「将来の限界自治体に含まれる人工林は相対的に高標高で冷涼な気候条件にある」という仮説は、全国規模の解析では支持されず、九州地方の規模では支持された。さらに九州地方の一部の県では、限界自治体と非限界自治体の人工林の標高差と気温差がより大きかった。このとき、将来的に限界自治体において人工林の管理が困難となり、一部の冷涼なエリアが人工林の母集団から離脱すると仮定した場合、県全体の人工林の分布域が温暖寄りに移行し、結果として少子高齢化に伴う（実際の気候変動とは別の）追加的な温暖化効果が生じることが示唆された。

本研究が示した、2050年に全国の40%のスギ・ヒノキ人工林が限界自治体に含まれるという試算（表-1）は、我が国の「指向する森林の状態」の達成に向けて、育成単層林を1,010万 ha（2020年時点）から660万 haに絞り込む（林野庁, 2021）道筋

において、新たな視点をもたらすものである。その一方で、いまだ検討すべき点が多い。根本的な課題として、限界自治体に含まれる人工林が実際にアクセス困難となるか、その程度および移行時間について本稿で扱っておらず、現時点では不明である。主要な幹線道路と林道が直結するエリアでは引き続き人工林へのアクセスが容易であるため、上記の40%のうち一部の人工林は将来にわたり、森林管理が可能であろう。また今後の市町村合併が進んだ場合、当面の限界自治体化を回避するケースも多いと予想される。このように考慮すべき点が多いが、本研究は少子高齢化と道路インフラ老朽化が同時に進行した社会における、人工林へのアクセス性という観点から初めて示唆を提供した点に意義がある。現時点では、今後限界集落を中心に到達が困難な林分が増加する可能性は高いと考えている。その上で、現行の気候変動対策と同様に、今後は少子高齢化についても緩和策（出生率の向上策等）のみならず、適応策（例えば、林業セクターでは将来予測に基づく育成単層林の適正配置）の確立がより重要となると考えられた。

IV. 謝辞

本研究は環境省および（独）環境再生保全機構、環境研究総合推進費S18テーマ2(3)「林業を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価」、ならびに日本学術振興会科学研究費助成事業19KT0039「国産早生樹材の供給シナリオを規定する社会経済的因子の解明」の一環として行われた。森林総合研究所九州支所の酒井佳美氏と森大喜氏には本稿の議論について有益なコメントを頂いた。ここに感謝する。

引用文献

- 石崎紀子 (2021) CMIP 6 をベースにした CDFDM 手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ, Ver. 1. 国立環境研究所
- 国土交通省 (1981) 国土数値情報 (標高・傾斜度 3 次メッシュ第 1.0 版), <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/jpgis/datalist/KsjTmplt-G 04 -a.html>
- 国立環境研究所 (2021) 日本版 SSP 別人口シナリオ第 2 版, <https://adaptationplatform.nies.go.jp/socioeconomic/population.html>
- 国立社会保障・人口問題研究所 (2017) 日本の将来推計人口, <http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Mainmenu.asp>
- 松本光朗 (2007) 森林資源管理と数理モデル 6, 森林計画学会出版局, 141 - 163
- 大野晃 (2005) 山村環境社会学序説: 現代山村の限界集落化と流域共同管理, 298 pp., 農文協, 東京
- 大野晃 (2008) 限界集落と地域再生, 313 pp., 高知新聞社, 高知
- 林野庁 (2017) 森林資源の現況 (平成 29 年 3 月 31 日現在), <https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h 29 /index.html>
- 林野庁 (2021) 森林・林業基本計画, <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/plan>
- Toriyama J *et al.* (2021a) PLOS ONE, 16(2): e 0247165
- Toriyama J *et al.* (2021b) Zenodo, <https://doi.org/10.5281/zenodo.5105060>

(2022 年 11 月 12 日受付; 2023 年 1 月 15 日受理)

表 -1. スギ・ヒノキ人工林において2050年の限界自治体がカバーする割合

県名	A	B	100 × (B/A)
	人工林メッシュ	限界自治体メッシュ ^{*1}	限界自治体率 (%)
福岡	1,785	134	8
佐賀	986	45	5
長崎	943	400	42
熊本	3,294	1,301	39
大分	2,433	357	15
宮崎	3,500	1,331	38
鹿児島	3,311	820	25
九州計	16,252	4,388	27
全国計	73,260	29,668	40

*1 現状のスギ・ヒノキ人工林メッシュのうち、2050年時点で65歳以上が半数以上を占める自治体（限界自治体）がカバーするメッシュ

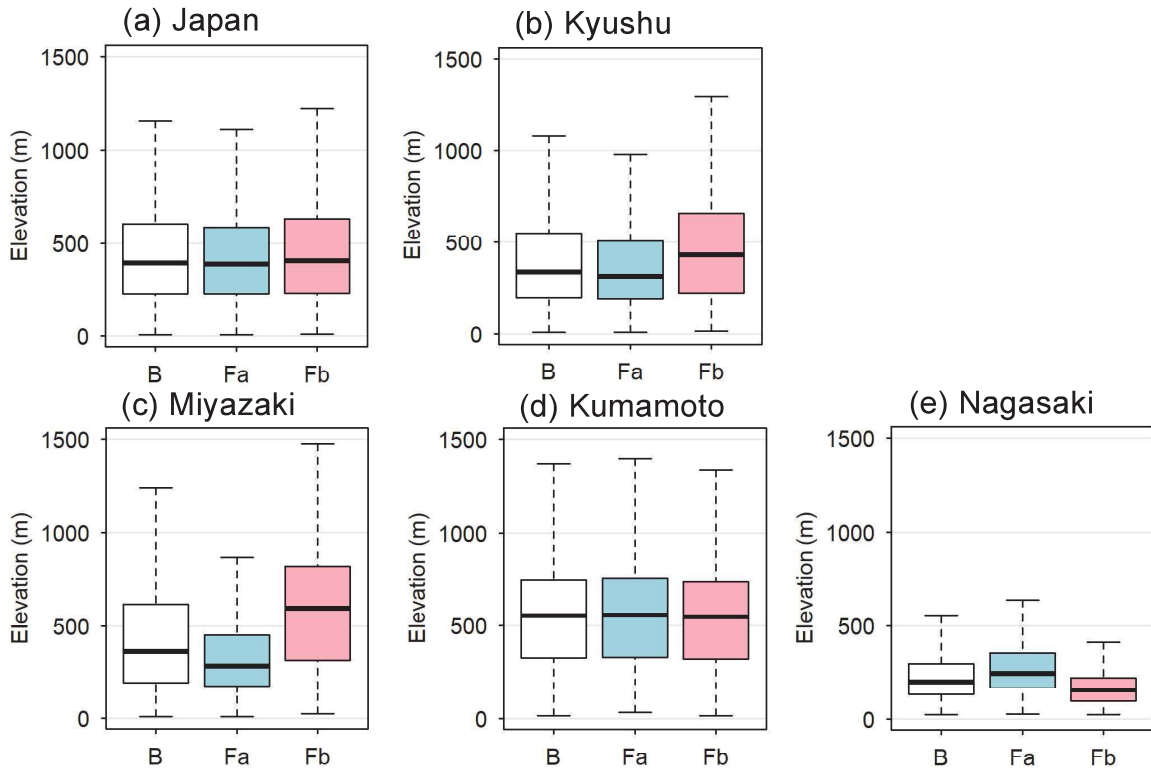


図-1. スギ・ヒノキ人工林の標高の分布
 (a)全国, (b)九州地方, (c)宮崎県, (d)熊本県, (e)長崎県。B(ベースライン)は現状の人工林, Fa, Fb(将来)はそれぞれ2050年の人口シナリオを反映した非限界および限界自治体の人工林を示す。

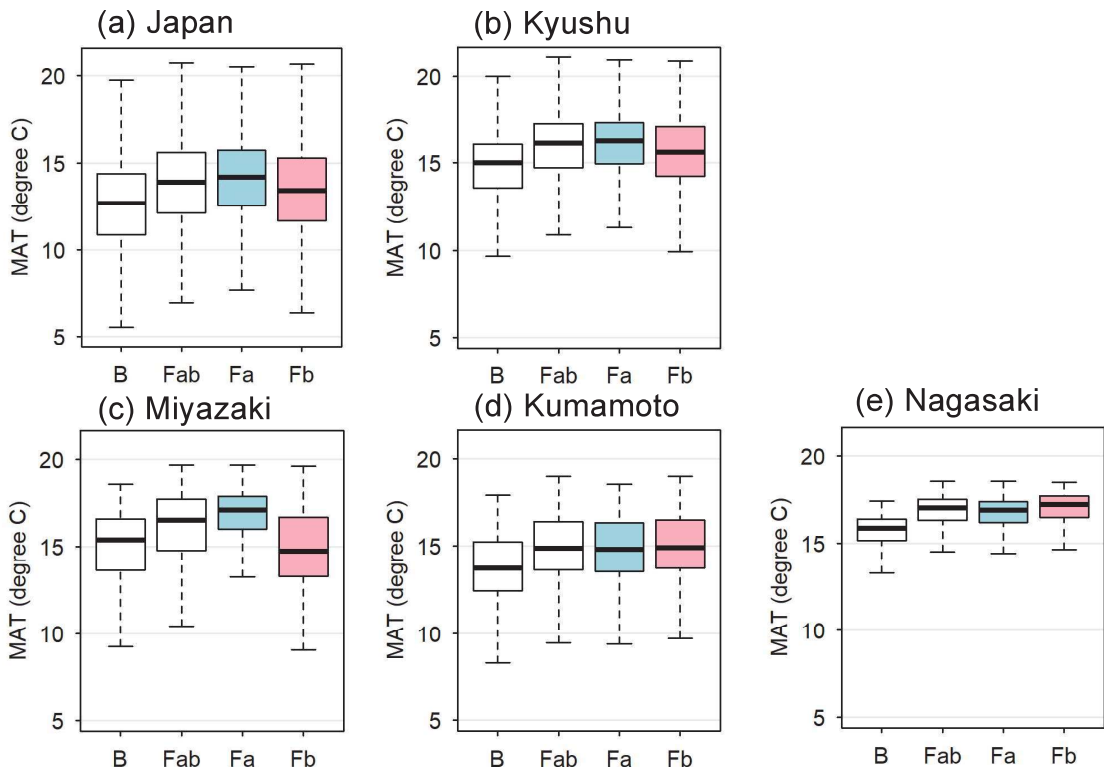


図-2. スギ・ヒノキ人工林の年平均気温の分布
 (a)全国, (b)九州地方, (c)宮崎県, (d)熊本県, (e)長崎県。MATは年平均気温。B(ベースライン)は現状の人工林, Fa, Fb(将来)はそれぞれ2050年の人口シナリオを反映した非限界および限界自治体の人工林, FabはFaとFbの総和を示す。現在と将来シナリオの気象値はそれぞれ2010-2014年, 2046-2050年の平均値に基づく。