

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：12605

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26870181

研究課題名(和文)統計的分類手法を用いた木材消費経路を決定する社会経済因子の解明

研究課題名(英文)Analysis of socioeconomic factors influencing wood consumption using statistical classification methods

研究代表者

加用 千裕 (Kayo, Chihiro)

東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・助教

研究者番号：50550183

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：今後の経済発展に伴う木材消費増大を抑制し低消費型の発展経路を検討するために、OECD加盟の33カ国およびBRICSの6カ国を対象としたクラスター分析、判別分析、パネルデータ分析を行い、木材消費経路に影響する社会経済因子を検討した。

その結果、合板、木質ボード、紙・板紙では、経済水準と消費量との間に逆U字で示される環境クズネツ曲線(EKC)の存在が確認された。経済発展に伴う消費量の飽和・減少傾向があると考えられる。また、人口密度の増加や都市化の進展は木材消費量の減少に寄与し、森林面積の拡大は木材消費量の増加に影響することが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Suppressing increases in wood consumption can be an effective measure to reduce resource and energy consumption as economic development progresses. To accomplish that, we conducted cluster, discriminant, and panel data analyses for 33 OECD and 6 BRICS countries to identify socioeconomic factors that determine differences between countries of low wood consumption and high wood consumption.

For plywood, reconstituted panels, and paper/paperboard, the results suggest that an environmental Kuznets curve (EKC), represented as an inverted-U curve, exists between per capita GDP and per capita consumption, confirming a tendency for consumption to reach saturation and then decline as economic development progresses. Rising population density and urbanization can contribute to a decrease in per capita wood consumption, whereas the larger the country's forest area is, the greater per capita wood consumption there will be.

研究分野：環境システム工学

キーワード：木材消費 ツツ曲線 社会経済因子 クラスター分析 判別分析 パネルデータ分析 OECD BRICS 環境クズネ

1. 研究開始当初の背景

(1) これまでの社会経済発展は、資源の大量消費によって支えられてきた。しかしながら、それにより様々な地球環境問題が発生しており、今後も持続可能な社会経済発展を進めるためには、低資源消費型の社会経済活動を実現していくことが発展途上国を中心として世界全体で求められている。

(2) このような中で、木材資源の消費は、様々な地球環境問題と関わりを持っている。木材の利用によって炭素貯蔵効果や化石燃料削減効果があり地球温暖化を緩和する。しかし、その一方で木材を原料とした紙パルプ製造は、世界全体で鉄鋼、石油化学、セメントに次いでエネルギー消費量の大きい産業であり、地球温暖化や化石資源枯渇を加速させる。また、木材の伐採は、森林減少や生物多様性などへも影響を与える。このことから、木材資源の消費増大を抑制することは、地球環境問題の解決へ向けて低資源消費型の社会経済活動を実現する手段として有効である。そのためには、どのような社会経済因子が木材消費に影響しているのかを特定することが不可欠であり、古くから研究がなされてきた。

(3) これまでの先行研究では、経済水準と価格が木材消費の主な要因として検討され、それらを独立変数、木材消費量を従属変数とする回帰分析が行われてきた。その結果、経済水準の上昇は消費量の増加に、価格の上昇は消費量の減少に影響を与えるとされてきた。しかし、各国の経済水準と木材消費量の関係を見ると、既に経済水準が高い国々の中でも高消費で推移する国や低消費に留まる国が存在している。このような経済発展に対する消費経路の違いを決定する社会経済因子を解明することができれば、現在の発展途上国が今後の経済発展を実現しながらも、木材の消費増大を抑制し低消費経路へ導くためには、どのような社会経済現象に対して方策を導入することが有効であるのかを提示することができる。しかしながら、先行研究の分析手法ではこの課題に答えることができなかった。

2. 研究の目的

(1) そこで研究代表者は、クラスター分析および判別分析を組み合わせた統計的分類手法を用いて消費経路の違いを決定する社会経済因子を分析する方法論を独自に考案し、木材用途の一つである紙・板紙に対して検討を行ってきた。その結果、教育水準、IT機器の普及、都市化、第三次産業の進展、農作物流通が、紙・板紙の高消費経路と低消費経路の違いを決定する主な因子であることを解明し、低消費経路を推進するための政策検討において着目すべき重要な社会経済現象であることを明らかにした。

(2) 本研究では、対象を紙・板紙から、製材、合板、木質ボード、木質燃料といった木材用途全体に拡張し、木材の低消費経路と高消費経路の違いを決定する社会経済因子を解明する。これにより、経済発展を遂げながら低消費経路を進んでいる国々の特徴を明らかにすることを目的とする。

(3) 具体的には、以下の課題を解決することを目標とする。

分析対象期間を決定する。データの入手可能年の制約から分析対象期間を 1980 年～2011 年の 32 年間とする。

分析対象国を決定する。既に経済発展を遂げ経済水準の高い国々における消費経路に関する知見を得たいため、先進国と新興国を分析対象国とし、OECD 加盟国 (34 カ国) と BRIICS 国 (6 カ国) の合計 40 カ国を選定する。

クラスター分析を用いて、木材用途ごとに低消費経路国と高消費経路国をグループ化する。製材、合板、木質ボード、木質燃料へ対象を拡張し、それぞれの木材用途において、経済発展に対して低消費経路を進む国と高消費経路を進む国に 40 カ国を分類する。

それぞれの木材用途の消費に影響を与えている可能性のある社会経済因子を洗い出す。研究会での専門家や業界団体との議論を踏まえて様々な因子を検討する。

判別分析を用いて、低消費経路国グループと高消費経路国グループの違いを有意に決定する社会経済因子を特定し、低消費経路国に共通する特徴を解明する。

3. 研究の方法

(1) クラスター分析

クラスター分析を用いて分析対象の国々を低消費経路国と高消費経路国へ分類した。

分類基準の設定：木材の用途ごとに、先進国 (OECD 加盟国) の 33 カ国 (Luxembourg は外れ値があると判断し対象国から除外) および新興国 (BRIICS 国) の 6 カ国を対象として、消費量の大小を表す変数と経済発展に対する消費経路を表す変数の 2 つを基準に低消費経路国と高消費経路国へ分類した。前者の変数は、対象期間の 32 年間における 1 人当たり消費量平均値を、後者の変数は、対象期間における 1 人当たり GDP の増加率に対する 1 人当たり消費量の増加率を用いた。

分類データの収集・加工：対象各国における用途ごとの消費量、GDP、人口の各種データを収集し、上述の分類基準となる 2 つの変数を算定した。

低・高消費経路国の分類：クラスター分析の方法は階層的クラスター分析を、個体間の距離は平方ユークリッド距離を、クラスター間の距離は Ward 法を用いて、上述の 2 つの基準によって 39 カ国を低消費経路国と高消費経路国へ分類した。

(2) 判別分析

判別分析を用いて、低消費経路と高消費経路の国グループの違い(判別)を決定する社会経済因子を検討した。

判別関数の構築：判別分析に用いる判別関数を構築するために、木材の各用途において消費量に影響する可能性のある社会経済因子を洗い出した。これにより、経済水準(1人当たり GDP)、人間開発指標(Human Development Index: HDI)、人口変化率(前年から的人口変化)、人口密度、都市化率(総人口に占める都市人口の比率)、森林面積率(国土面積に占める森林面積の比率)、時間トレンドを因子の候補とし、各種機関からデータを収集・整備した。木材の用途ごとに、上述の因子を独立変数、低消費経路と高消費経路の2つの国グループを従属変数とする判別関数を構築した。

低・高消費経路の決定因子の分析：構築した判別関数を用いて判別分析を行い、2つの国グループの判別に寄与している独立変数を考察することにより、消費経路の違いを決定している社会経済因子を分析した。

(3) パネルデータ分析

39カ国における32年間のパネルデータを用いて、木材の用途ごとに、1人当たり GDP、HDI、人口変化率、人口密度、都市化率、森林面積率、時間トレンドを独立変数、1人当たり消費量を従属変数とするパネルデータ分析を行った。

回帰モデル：回帰モデルは、一次、二次、三次、対数、指数曲線とした。回帰係数と定数項の推定方法は、通常回帰分析に用いられる最小2乗推定とともに、各国の固有特性を考慮する固定効果推定とランダム効果推定を行うこととした。これらの推定方法に対して、F検定、Breusch-Pagan検定、Hausman検定をそれぞれ行い、最も適合する推定方法を判断した。

不均一分散・系列相関への対処：回帰分析の代表的な問題点として、本来はランダムであるべき誤差項が偏って分散する不均一分散や誤差項の間に相関が生じる系列相関が挙げられる。そこで、不均一分散には、Breusch-Pagan/Cook-Weisberg 検定を行い、Robust 標準誤差を推定することとした。系列相関には、Durbin-Watson 検定を行い、Prais-Winsten 法を用いて系列相関を取り除くこととした。

説明力の高い回帰モデルの判断：最も説明力の高い回帰モデルを判断する際、各モデルの回帰係数の統計的有意性を確認し、全ての回帰係数が有意であったモデルの中で自由度修正済み決定係数が最も高いものを選定することとした。

4. 研究成果

(1) 1人当たり GDP と1人当たり木材消費量の関係

木材の用途ごとに1人当たり GDP と1人当たり消費量の関係を図-1~図-5に示した。また、パネルデータ分析の結果を表-1に示した。製材では、1人当たり GDP に対する1人当たり消費量において一次曲線の説明力が最も高くなり、経済発展に伴う製材消費量の増加傾向が確認された。ただし、時間トレンドの回帰係数に負の統計的有意性が確認され、同レベルの経済水準に到達する際の製材消費量は、時間経過に伴って減少していることも分かった。合板、木質ボード、紙・板紙では、1人当たり GDP と1人当たり消費量との関係において逆U字を示す二次曲線の説明力が最も高くなり、環境クズネット曲線(EKC)の存在が示唆された。すなわち、経済発展に伴う消費量の飽和・減少傾向があると考えられる。消費量が減少に向かうターニングポイントとなる経済水準(国際\$/人)は、33,293(合板)~45,346(紙・板紙)であった。木質燃料では、1人当たり GDP と1人当たり消費量との間に1次曲線で示される増加傾向が確認され、近年の先進諸国を中心としたバイオ燃料の推進が影響していると考えられる。

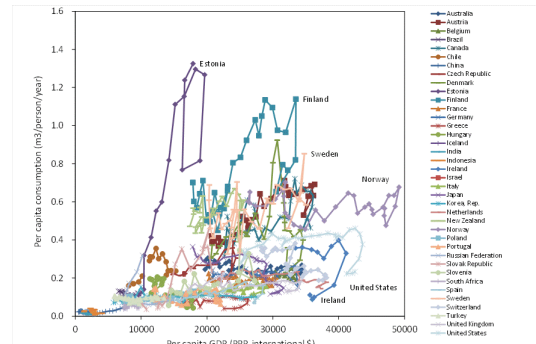


図-1 1人当たり GDP と製材消費量

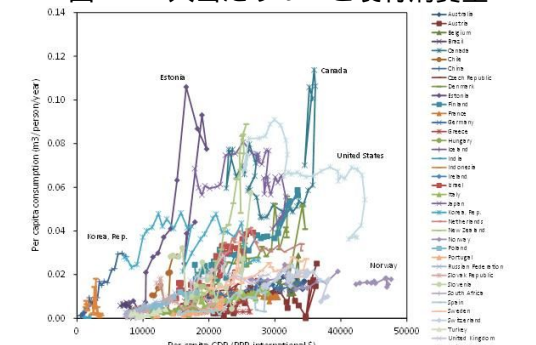


図-2 1人当たり GDP と合板消費量

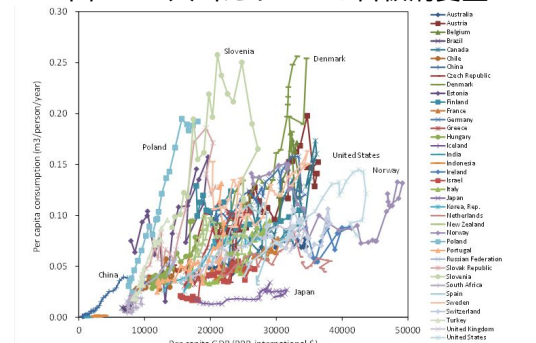


図-3 1人当たり GDP と木質ボード消費量

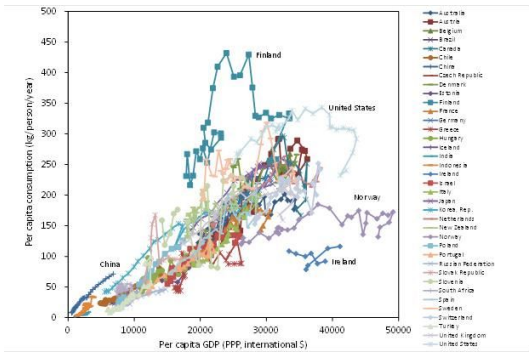


図-4 1人当たりGDPと紙・板紙消費量

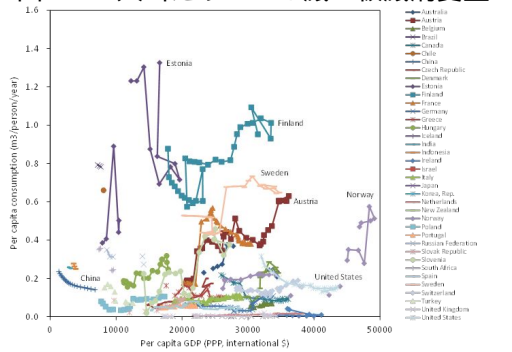


図-5 1人当たりGDPと木質燃料消費量

表-1 1人当たりGDPを独立変数としたパネルデータ分析結果

	製材	合板	木質ボード	紙・板紙	木質燃料
1人当たりGDPの回帰係数	5.28E-06 **	2.77E-06 ***	1.04E-05 ***	1.22E-02 ***	9.08E-06 ***
(t値)	(2.16)	(3.18)	(5.40)	(10.80)	(3.90)
1人当たりGDPの2乗の回帰係数		-4.16E-11 ***	-1.31E-10 ***	-1.35E-07 ***	
(t値)		(-2.64)	(-3.43)	(-5.77)	
定数項	0.139 ***	-0.016 *	-0.079 ***	-46.059 ***	0.017
(t値)	(2.76)	(-1.70)	(-3.56)	(-3.53)	(0.30)
データ数	1038	1004	1027	1061	631
決定係数	0.301	0.243	0.395	0.707	0.177
自由度修正済み決定係数	0.300	0.242	0.394	0.706	0.175

***, **, * : 有意水準1%, 5%, 10%

(2) HDIと1人当たり木材消費量の関係

製材、合板、木質ボード、紙・板紙では、HDIが低い(0.8未満)時期は、1人当たり需要量がHDIの上昇に対して指数曲線的に増加することが分かった。しかし、HDIが十分高く(0.8以上)になると、製材、合板、木質ボードにおいて両者の関係は不明瞭になり、紙・板紙においてEKCによる飽和・減少傾向が確認された。

(3) 複数の社会経済因子と1人当たり木材消費量の関係

パネルデータ分析の結果を表-2に示した。製材、木質ボード、木質燃料において、人口密度と都市化率の回帰係数に負の統計的有意性が確認された。一方、合板と木質燃料では、森林面積率の回帰係数に正の統計的有意性が認められた。これらのことから、人口密度の増加や都市化の進展は、木材消費量の減少に寄与し、森林の拡大は、木材消費量の増加に貢献することが示唆される。特に、先進諸国における持続的な森林管理のもとで木質燃料利用が進められている状況が考えら

れる。

表-2 複数の因子を独立変数としたパネルデータ分析結果

	製材	合板	木質ボード	紙・板紙	木質燃料
1人当たりGDPの回帰係数	1.81E-05 ***	2.97E-06 **	1.19E-05 ***	1.21E-02 ***	5.83E-06 *
(t値)	(4.69)	(2.39)	(4.99)	(7.88)	(1.55)
1人当たりGDPの2乗の回帰係数		-3.66E-11 *	-1.24E-10 ***	-1.49E-07 ***	
(t値)		(-1.84)	(-3.11)	(-5.38)	
人口変化率の回帰係数	1.34E-02	2.09E-03	-3.71E-03	-1.77E+00	3.19E-02
(t値)	(0.38)	(0.94)	(-0.96)	(-0.42)	(0.89)
人口密度の回帰係数	-7.00E-04 **	9.96E-06	-3.16E-04 **	4.15E-02	-1.14E-03 ***
(t値)	(-2.49)	(0.36)	(-2.57)	(1.02)	(-2.84)
都市化率の回帰係数	-1.75E-03	-2.09E-04	-3.47E-04	1.48E-01	-6.25E-03 ***
(t値)	(-0.81)	(-0.99)	(-0.35)	(0.32)	(-2.69)
森林面積率の回帰係数	2.27E-03	2.66E-04 **	1.19E-03	9.66E-01 *	5.01E-03 **
(t値)	(1.51)	(2.03)	(0.81)	(1.68)	(1.99)
時間トレンドの回帰係数	-4.76E-03 ***	-9.31E-05	-8.68E-05	-6.34E-01 *	2.28E-03
(t値)	(-2.95)	(-0.46)	(-0.14)	(-1.75)	(1.24)
定数項	8.160	-0.043	0.462	1366.515	-7.234
(t値)	(1.44)	(-0.09)	(0.38)	(1.52)	(-1.13)
データ数	731	708	744	761	507
決定係数	0.447	0.273	0.367	0.733	0.312
自由度修正済み決定係数	0.443	0.265	0.361	0.731	0.304

***, **, * : 有意水準1%, 5%, 10%

(4) 木材の低消費経路国へ向けて

本研究の結果から、経済水準の上昇は、製材と木質燃料の高消費経路国へ、合板、木質ボード、紙・板紙の低消費経路国へ導く可能性があることが分かった。また、人口密度の増加や都市化率の上昇は、木材の低消費経路国へ、森林面積の増加は、木材の高消費経路国へ寄与することが明らかになった。すなわち、経済発展、人口分布、森林管理の状況は、木材の低消費経路国の実現において着目すべき重要な社会経済現象であることが解明された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

Chihiro Kayo, Hiroyasu Oka, Seiji Hashimoto, Midori Mizukami, Shigesada Takagi, Socioeconomic development and wood consumption, Journal of Forest Research 20(3), 309-320, 査読有, 2015.

Takuya Furukawa, Chihiro Kayo, Taku Kadoya, Thomas Kastner, Hiroki Hondo, Hiroyuki Matsuda, Nobuhiro Kaneko, Forest harvest index: Accounting for global gross forest cover loss of wood production and an application of trade analysis, Global Ecology and Conservation 4, 150-159, 査読有, 2015.

Chihiro Kayo, Yuko Tsunetsugu, Mario Tonosaki, Climate change mitigation effect of harvested wood products in regions of Japan, Carbon Balance and Management, 10:24, 査読有, 2015.

〔学会発表〕(計6件)

千葉大洋, 佐藤翼, 加用千裕, 岡裕泰, 世界の紙・板紙需要と経済発展の関連性の分析, 第66回日本木材学会大会, 2016年3月27~29日, 名古屋大学(愛知県・名古屋市).

佐藤翼, 加用千裕, 世界の燃料用木材消費量に影響を与える因子のパネルデータ分

析, 第 43 回環境システム研究論文発表会,
2015 年 10 月 17~18 日, 北海道大学(北海
道・札幌市).

田村賢人, 加用千裕, 佐藤翼, 橋本征二,
世界の農地・林地需要とその抑制ポテンシ
ャル, 第 43 回環境システム研究論文発表会,
2015 年 10 月 17~18 日, 北海道大学(北海
道・札幌市).

Kento Tamura, Chihiro Kayo, Fridolin
Krausmann, Naoki Yoshikawa, Koji Amano,
Seiji Hashimoto, Global demand for
agricultural and forest land and its
saving potential, ISIE conference, 2015
年 7 月 7~10 日, ギルフォード(イギリス).

加用千裕, 岡裕泰, 橋本征二, 木材需要
に影響する社会経済因子の分析, 第 65 回日
本木材学会大会, 2015 年 3 月 16~18 日, タ
ワーホール船堀(東京都・江戸川区).

Chihiro Kayo, Seiji Hashimoto, Midori
Mizukami, Shigesada Takagi, Hiroyasu Oka,
The relationship between socioeconomic
development and wood resource consumption,
ISIE-SEM conference, 2014 年 11 月 17~19
日, メルボルン(オーストラリア).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加用 千裕 (KAYO, Chihiro)

東京農工大学・大学院農学研究院・助教

研究者番号: 5 0 5 5 0 1 8 3