

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

佐藤 翼¹・加用 千裕²

¹非会員 東京農工大学大学院 農学府自然環境保全学専攻 (〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8)
E-mail:50015537012@st.tuat.ac.jp

²正会員 東京農工大学助教 大学院農学府自然環境保全学専攻 (〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8)
E-mail:kayoc@cc.tuat.ac.jp

燃料用木材は、世界で最も消費量の大きい木材用途である。燃料用木材消費量の将来予測に資するため、世界各国を地理的6区分（アジア、アフリカ、ヨーロッパ、北中米、南米、オセアニア）に分類し、燃料用木材消費量に影響する因子のパネルデータ分析を行った。その結果、アジア、アフリカ、北中米、オセアニア地域では、経済水準の上昇（低下）により燃料用木材消費量は減少（増加）する関係が認められたが、ヨーロッパと南米地域では見られなかった。また、南米・オセアニア以外の各地域では、森林面積率の上昇（低下）は燃料用木材消費量の増加（減少）に寄与し、アジア・アフリカ・ヨーロッパ・南米地域では、化石燃料消費量が増加（減少）すると、燃料用木材消費量は減少（増加）し、燃料用木材と化石燃料が代替関係にある可能性が示唆された。

Key Words : wood fuel, panel data analysis, economic level, forest area ratio, fossil fuel

1. はじめに

近年、世界規模で森林減少、地球温暖化等の地球環境問題が深刻化しており、これらは地球全体として対応していかなければならない喫緊の課題である。木材資源は、その生産や消費を通して、様々な地球環境問題と関わっている。特に、エネルギー利用のための燃料用木材は、世界の木材消費量の約52%（2013年）¹⁾を占め、最も大きい木材用途である。燃料用木材の利用は、化石燃料を代替することにより地球温暖化の緩和に貢献する可能性がある²⁾。一方で、燃料用木材の伐採により森林減少や生物多様性損失等への影響もある³⁾。そのため、将来にわたり、燃料用木材による環境への効果・影響を検討することが重要である。それには、燃料用木材の将来の消費動向を予測することが必要であり⁴⁾、その燃料用木材の消費に影響を与える因子を明らかにすることが不可欠である。関連した先行研究としては、関ら⁵⁾が、林産物（合板、削片版、紙など）消費量のGDP弾性値は、ほぼ1に近く弾力的であることを示し、林産物消費量が経済水準と連動していることを示した。また、加用ら⁶⁾は、発展途上地域における今後の経済発展に伴う資源・エネルギー消費増大の抑制を図る観点から、紙・板紙消費に影響する社会経済因子を分析し、その一つとして経済水

準を取り上げ、その消費に影響していることを明らかにしていた。さらに、Julianne⁷⁾は、木材の消費量はその国の経済水準の違いによって異なることを報告している。いずれの研究からも木材消費量に対して経済水準が影響していることは明らかになっているが、木材の主要用途である燃料用木材に着目し、経済水準以外の因子がどの程度影響しているかを検討した先行研究はほとんどない。そこで、本研究では、世界各国における燃料用木材消費量に影響する因子を明らかにすることを目的とし、経済水準、森林資源量、代替材消費量の状況を示す複数の指標と燃料用木材消費量との関連性をパネルデータを用いた回帰分析（パネルデータ分析）により検討する。初めに、経済水準との関係に着目し、燃料用木材消費量を被説明変数、経済水準を説明変数とするパネルデータ分析を行う。その上で、森林面積率や化石燃料消費量に関する因子を説明変数として追加し同様に分析することで、燃料用木材消費量への影響を明らかにする。

2. 分析方法と用いたデータ

(1) 分析対象国と対象期間

分析対象国は、燃料用木材消費量、人口、GDP（購

買力平価換算)の3種類のデータが全て揃う世界148ヶ国とした。ここで、地理的に近接した地域は、気候・生態系等の自然環境の条件や政治・経済・文化等の人間社会の状況がある程度類似していると考えられ、燃料用木材の消費に関して、地域ごとに共通した特徴が見いだせると仮定した。そこで、148ヶ国の国々を地理的6区分(アジア:22ヶ国, アフリカ:50ヶ国, ヨーロッパ:39ヶ国, 北中米:17ヶ国, 南米:11ヶ国, オセアニア:9ヶ国)(付録参照)に分類し、地域ごとに分析を行うこととした。分析対象期間は、上記の3種類のデータが全て揃う1980-2012年の33年間とした。

(2) 燃料用木材消費量と経済水準との分析

被説明変数を1人当たり燃料用木材消費量、説明変数を1人当たりGDPとし、パネルデータ分析により、燃料用木材消費量と経済水準との関係を分析した。回帰係数と定数項の推定方法は、通常の回帰分析に用いられるプーリング(最小二乗法)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変量効果推定を行うこととした。プーリング推定は、分析対象の全ての国が同一の傾きと同一の定数項を持ち、各国の固有特性は存在しないと仮定する方法である。一方、各国の固有特性を考慮する固定効果推定は、傾きは全ての国で同一であるが、定数項は各々の国で異なると仮定する方法であり、変量効果推定は、固有特性を定数項ではなく確率変数と仮定する方法である⁸⁾。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、最も適合的な推定方法を選定した。回帰モデルは、一次、二次、指数、対数曲線とし、式(1)~(4)に示した。

$$Y_{i,t} = a + b \cdot X_{i,t} + z_i + u_{i,t} \quad (1)$$

$$Y_{i,t} = a + b \cdot X_{i,t} + c \cdot X_{i,t}^2 + z_i + u_{i,t} \quad (2)$$

$$\ln Y_{i,t} = a + b \cdot X_{i,t} + z_i + u_{i,t} \quad (3)$$

$$Y_{i,t} = a + b \cdot \ln X_{i,t} + z_i + u_{i,t} \quad (4)$$

ここで、 i は国、 t は年、 Y は1人当たり燃料用木材消費量($\text{m}^3/\text{人}/\text{年}$)、 X は1人当たりGDP(国際\$/人)、 a は定数項、 b 、 c は回帰係数、 u は誤差項を表す。 z は各国の固有特性を示し、プーリング推定ではこの固有特性を考慮せず($z=0$)、固定効果推定では各国で異なる定数として考慮し、変量効果推定では確率変数と仮定し誤差項に含めて推定する。

(3) 燃料用木材消費量と複数因子との分析

前節(2)において燃料用木材消費量と経済水準との関

係を分析した上で、その他の複数の因子との関係を分析した。ここでは、燃料用木材消費量に影響する因子として、国ごとの森林資源の変化が、燃料用木材消費量に影響を与えていると考え、国土面積に占める森林面積の比率(森林面積率)を説明変数に追加した。森林面積率の増加(減少)は、燃料用木材消費量の増加(減少)(プラスの効果)に寄与すると仮定した。面積率としたのは、国土面積の大きさによる影響を除外するためである。また、エネルギー消費の視点から、化石燃料消費量が燃料用木材消費量と代替関係にあると考えられる。そのため、化石燃料消費量の増加(減少)は、燃料用木材消費量の減少(増加)(マイナスの効果)に寄与すると考え、1人当たり化石燃料(石炭・石油・天然ガス)消費量を説明変数に追加した。

説明変数に森林面積率、1人当たり石炭消費量、1人当たり石油消費量、1人当たり天然ガス消費量、1人当たり化石燃料消費量(石油・石炭・天然ガス消費量の合計)

(TJ/人)を加え、前節(2)と同様にパネルデータ分析を行った。説明変数の組み合わせとして、(経済水準と森林面積率)、(経済水準と1人当たり石炭消費量)、(経済水準と1人当たり石油消費量)、(経済水準と1人当たり天然ガス消費量)、(経済水準と1人当たり化石燃料消費量)、(経済水準と森林面積率と1人当たり化石燃料消費量)を想定し、それぞれを一次曲線モデルで分析した。なお、これらの組み合わせにおいて説明変数間の多重共線性が生じないことを確認した。説明変数が2つおよび3つの回帰モデルを式(5)と式(6)に示した。

$$Y_{i,t} = a + b \cdot X_{1(i,t)} + c \cdot X_{2(i,t)} + z_i + u_{i,t} \quad (5)$$

$$Y_{i,t} = a + b \cdot X_{1(i,t)} + c \cdot X_{2(i,t)} + d \cdot X_{3(i,t)} + z_i + u_{i,t} \quad (6)$$

ここで、 X_1 は1人当たりGDP、 X_2 と X_3 は森林面積率、1人当たり化石燃料(石炭・石油・天然ガス)消費量等のその他の説明変数を表す。

(4) データ

燃料用木材消費量($\text{m}^3/\text{年}$)は、FAOSTAT¹⁾の「Wood fuel」項目のデータを利用し、国ごとに生産量－輸出货量＋輸入量により算出した。人口(人)および1人当たりGDP(国際\$/人)は、World Bank Data Base⁹⁾から引用した。なお、GDPは、購買力平価換算の数値(国際\$)を用いることとした。森林面積(ha)および国土面積(ha)はUNdata¹⁰⁾、1人当たり化石燃料消費量(TJ/人)はIEA¹¹⁾から引用した。

3. 結果と考察

(1) 燃料用木材消費量と経済水準との関係

地域ごとのパネルデータ分析結果を表1-6に示した。すべての地域の回帰モデルにおいて、定数項と回帰係数の推定方法には、固定効果推定あるいは変量効果推定が適合し、各国の固有特性の存在が確認された。パネルデータ分析結果において、定数項とすべての回帰係数の統計的有意性が確認できた回帰モデルのうち、最も決定係数の大きいものを、燃料用木材消費量と経済水準の関係

を表すモデルと判断することとした。その結果、アジア・アフリカ・北中米・オセアニアの4地域では対数曲線が選ばれ、経済水準の上昇に伴って燃料用木材消費量が対数関数的に減少することが分かった。一方、ヨーロッパでは上に凸、南米では下に凸の二次曲線が選ばれ、単調な減少傾向ではないことが分かった。しかし、後者のヨーロッパと南米は回帰係数の統計的有意性はあるものの、決定係数の値が0.2未満と小さく、経済水準だけで燃料用木材消費量の動向を説明することは難しく、経済水準以外の因子の可能性が考えられる。

表-1 アジアのパネルデータ分析結果

		係数	t値	決定係数	推定方法
一次曲線	a	0.246 *	26.70	0.207	固定効果推定
	b	$-2.060 \times 10^{-6} *$	-3.34		
二次曲線	a	0.279 *	25.40	0.335	固定効果推定
	b	$-8.170 \times 10^{-6} *$	-6.24		
	c	$1.000 \times 10^{-10} *$	5.26		
指数曲線	a	-2.580 *	-6.05	0.367	変量効果推定
	b	$-4.340 \times 10^{-5} *$	-11.50		
対数曲線	a	1.110 *	15.90	0.462	変量効果推定
	b	-0.103 *	-17.10		

注) *は1%水準で統計的に有意であることを示す。

表-4 北中米のパネルデータ分析結果

		係数	t値	決定係数	推定方法
一次曲線	a	0.593 *	51.0	0.232	固定効果推定
	b	$-8.940 \times 10^{-6} *$	-8.76		
二次曲線	a	0.661 *	36.8	0.305	固定効果推定
	b	$-2.090 \times 10^{-5} *$	-8.00		
	c	$2.550 \times 10^{-10} *$	4.95		
指数曲線	a	-1.040 *	-3.62	0.227	変量効果推定
	b	$-3.410 \times 10^{-5} *$	-27.0		
対数曲線	a	1.860 *	12.9	0.340	変量効果推定
	b	-0.157 *	-14.2		

注) *は1%水準で統計的に有意であることを示す。

表-2 アフリカのパネルデータ分析結果

		係数	t値	決定係数	推定方法
一次曲線	a	0.702 *	112.00	0.145	固定効果推定
	b	$-1.320 \times 10^{-5} *$	-6.77		
二次曲線	a	0.726 *	66.10	0.218	固定効果推定
	b	$-2.760 \times 10^{-5} *$	-4.82		
	c	$5.520 \times 10^{-10} *$	2.67		
指数曲線	a	-0.587 *	-5.31	0.236	変量効果推定
	b	$-3.540 \times 10^{-5} *$	-14.90		
対数曲線	a	1.520 *	21.30	0.351	固定効果推定
	b	-0.118 *	-11.90		

注) *は1%水準で統計的に有意であることを示す。

表-5 南米のパネルデータ分析結果

		係数	t値	決定係数	推定方法
一次曲線	a	0.518 *	4.54	0.031	変量効果推定
	b	$-1.300 \times 10^{-6} *$	-0.71		
二次曲線	a	0.626 *	5.85	0.152	変量効果推定
	b	$-3.460 \times 10^{-5} *$	-6.13		
	c	$1.900 \times 10^{-9} *$	6.20		
指数曲線	a	-0.973 *	-3.71	0.021	変量効果推定
	b	$-6.200 \times 10^{-6} *$	-2.04		
対数曲線	a	0.759 *	7.60	0.099	固定効果推定
	b	-0.029 *	-2.43		

注) *は1%水準で統計的に有意であることを示す。

表-3 ヨーロッパのパネルデータ分析結果

		係数	t値	決定係数	推定方法
一次曲線	a	0.129 *	3.83	3.800×10^{-3}	変量効果推定
	b	$3.640 \times 10^{-6} *$	9.50		
二次曲線	a	0.097 *	2.80	7.500×10^{-3}	変量効果推定
	b	$6.860 \times 10^{-6} *$	7.48		
	c	$-5.270 \times 10^{-11} *$	-3.86		
指数曲線	a	-2.820 *	-45.20	7.200×10^{-3}	固定効果推定
	b	$1.710 \times 10^{-5} *$	5.56		
対数曲線	a	-0.510 *	-6.48	6.800×10^{-3}	変量効果推定
	b	0.074 *	9.82		

注) *は1%水準で統計的に有意であることを示す。

表-6 オセアニアのパネルデータ分析結果

		係数	t値	決定係数	推定方法
一次曲線	a	0.308 *	2.25	0.111	変量効果推定
	b	$7.480 \times 10^{-7} *$	0.45		
二次曲線	a	0.313 *	9.30	0.009	変量効果推定
	b	$-4.890 \times 10^{-7} *$	-0.07		
	c	$2.960 \times 10^{-11} *$	0.21		
指数曲線	a	-1.890 *	-3.15	0.228	変量効果推定
	b	$-1.900 \times 10^{-5} *$	-1.86		
対数曲線	a	0.801 *	3.70	0.199	変量効果推定
	b	-0.059 *	-2.78		

注) *は1%水準で統計的に有意であることを示す。

(2) 燃料用木材消費量と複数因子との関係

経済水準、化石燃料消費量の回帰係数は負値、森林面積率の回帰係数は正値という仮説（経済水準、化石燃料消費量が増加（減少）することにより、燃料用木材消費量が減少（増加）する、森林面積率が上昇（低下）することに伴い、燃料用木材消費量が増加（減少）する）を検証する。各地域の結果を説明変数の組み合わせごとに表7-12に示した。

a) アジア

いずれの説明変数の組み合わせ（表7-12）においても、経済水準の回帰係数は負値であり、前節(1)の結果も踏まえると、経済水準が上昇することにより、燃料用木材消費量が減少することは確かなようである。また、森林面積率の回帰係数（表7）に関しては、6地域の中で2番目に正値で大きいため、森林面積率が上昇（低下）

すると燃料用木材消費量も増加（減少）することが考えられる。そして、化石燃料消費量（表-11）では、回帰係数が負値となり、燃料用木材消費量との代替関係が示唆された。特に、石油・天然ガスの回帰係数（表-9、10）は統計的に有意ではなかったが、石炭の回帰係数（表-8）は統計的に有意に負値となったことから、石炭の消費動向が燃料用木材消費量に影響していることが考えられる。この背景には、世界の石炭消費量（2013年）の国別の順位で上位20ヶ国中、9ヶ国がアジアの国々（2013年）¹¹⁾であり、特に中国は世界第一位であることから、石炭は中国を中心としたアジア地域で多く利用されていることが挙げられる。

b) アフリカ

経済水準に関して、統計的に有意性が確認できない分析結果（表-9、11、12）も存在したが、回帰係数（表-7、8、

表-7 経済水準と森林面積率の分析結果

	経済水準(b)	森林面積率(c)	決定係数	推定方法
アジア	-1.490×10^{-6} *	1.640*	0.363	固定効果推定
アフリカ	-9.840×10^{-6} *	1.390*	0.062	固定効果推定
ヨーロッパ	2.970×10^{-6} *	0.915*	0.399	変量効果推定
北中米	-5.150×10^{-6} *	1.880*	0.028	固定効果推定
南米	-4.310×10^{-5} *	-0.472*	0.096	プーリング推定
オセアニア	—	0.928*	0.269	変量効果推定

注) *は1%水準で統計的に有意であることを示す。

—は統計的に有意でないことを示す。

表-10 経済水準と1人当たり天然ガス消費量の分析結果

	経済水準(b)	天然ガス消費量(c)	決定係数	推定方法
アジア	-1.580×10^{-6} *	—	0.277	変量効果推定
アフリカ	-4.670×10^{-5} *	-15.800*	0.265	プーリング推定
ヨーロッパ	4.960×10^{-6} *	-3.980*	0.043	変量効果推定
北中米	-1.000×10^{-5} *	0.620*	0.174	固定効果推定
南米	2.700×10^{-5} *	-27.700*	0.287	プーリング推定
オセアニア	6.210×10^{-6} *	—	0.150	プーリング推定

注) *は1%水準で統計的に有意であることを示す。

—は統計的に有意でないことを示す。

表-8 経済水準と1人当たり石炭消費量の分析結果

	経済水準(b)	石炭消費量(c)	決定係数	推定方法
アジア	-1.630×10^{-6} *	-8.660*	0.183	変量効果推定
アフリカ	-1.130×10^{-5} *	—	0.255	変量効果推定
ヨーロッパ	4.740×10^{-6} *	—	0.001	固定効果推定
北中米	-8.860×10^{-6} *	—	0.278	変量効果推定
南米	—	-63.500*	1.000×10^{-4}	変量効果推定
オセアニア	1.220×10^{-5} *	67.100*	0.748	プーリング推定

注) *は1%水準で統計的に有意であることを示す。

—は統計的に有意でないことを示す。

表-11 経済水準と1人当たり化石燃料消費量の分析結果

	経済水準(b)	化石燃料消費量(c)	決定係数	推定方法
アジア	-1.440×10^{-6} *	-0.115*	0.291	変量効果推定
アフリカ	—	-9.370*	0.240	変量効果推定
ヨーロッパ	4.750×10^{-6} *	-2.250*	0.064	変量効果推定
北中米	-9.860×10^{-5} *	0.502*	0.180	固定効果推定
南米	3.700×10^{-5} *	-12.900*	0.200	プーリング推定
オセアニア	—	10.500*	0.813	プーリング推定

注) *は1%水準で統計的に有意であることを示す。

—は統計的に有意でないことを示す。

表-9 経済水準と1人当たり石油消費量の分析結果

	経済水準(b)	石油消費量(c)	決定係数	推定方法
アジア	-1.360×10^{-6} *	—	0.284	固定効果推定
アフリカ	—	-13.500*	0.250	変量効果推定
ヨーロッパ	5.250×10^{-6} *	-2.730*	0.027	変量効果推定
北中米	-7.090×10^{-6} *	—	0.276	変量効果推定
南米	2.940×10^{-5} *	-15.000*	0.072	プーリング推定
オセアニア	-5.030×10^{-6} *	15.700*	0.898	変量効果推定

注) *は1%水準で統計的に有意であることを示す。

—は統計的に有意でないことを示す。

表-12 全因子を説明変数に加えた分析結果

	経済水準(b)	森林面積率(c)	化石燃料消費量(d)	決定係数	推定方法
アジア	-1.33×10^{-5} *	1.13*	-0.521	0.257	固定効果推定
アフリカ	—	0.569*	—	0.207	変量効果推定
ヨーロッパ	4.49×10^{-5} *	—	-2.08*	0.0919	固定効果推定
北中米	-8.39×10^{-5} *	1.92*	0.59*	0.122	固定効果推定
南米	—	—	—	0.181	変量効果推定
オセアニア	—	-2.00*	2.86*	0.928	プーリング推定

注) *は1%水準で統計的に有意であることを示す。

—は統計的に有意でないことを示す。

10) は概ね負値であることから、経済水準が上昇すると、燃料用木材消費量が減少する関係が認められた。また、森林面積率(表-7)に関しても、回帰係数が正值であったことから、仮説通り森林面積率が上昇(減少)すれば、燃料用木材消費量が増加(減少)することが分かった。そして、化石燃料消費量(表-11)に関しては、仮説通り回帰係数が負値となり、燃料用木材消費量との代替関係が示唆された。なお、石炭(表-8)との関係は不明瞭であり、石油・天然ガス(表-9, 10)の消費量に影響を受けていると考えられる。

c) ヨーロッパ

6地域中唯一、すべての説明変数の組み合わせ(表-7~12)において、経済水準の回帰係数が統計的に有意に正值であり、前節(1)の結果も踏まえ、特異的な地域であることが分かった。経済水準が上昇するとともに、燃料用木材消費量が増加する関係の背景には、経済水準が上昇すると、再生可能エネルギーへの社会の関心、技術や設備投資が向上し、木質バイオマスエネルギーなどの利用が増えるといったことが考えられる。林業と再生可能エネルギー利用の推進国が多いヨーロッパ地域特有の結果ではないだろうか。また、森林面積率の回帰係数(表-7)は正值、化石燃料消費量の回帰係数(表-11)は負値となり、仮説通りの結果となった。

d) 北中米

すべての説明変数の組み合わせ(表-7~12)において、経済水準の回帰係数は負値、森林面積率の回帰係数は正值となり、仮説通りであった。しかし、化石燃料消費量(表-11, 12)に関しては、回帰係数が統計的に有意に正值であり、燃料用木材消費量と代替関係ではなく、共に増加(減少)することが分かった。特に、天然ガス(表-10)による寄与と考えられ、この背景には、アメリカ合衆国の天然ガス消費量(2013年)が世界第一位¹⁰⁾であることが大きく影響していると思われる。

e) 南米

経済水準に関しては、回帰係数に統計的に有意性のない結果(表-8, 12)、正值の結果(表-9~11)、あるいは負値の結果(表-7)が混在し、燃料用木材消費量を決定する因子とはいえないことを示唆する結果となった。森林面積率(表-7)については、6地域中唯一、回帰係数が負値となり、森林面積率が上昇(低下)すると、燃料用木材消費量が減少(増加)するという結果になった。南米は森林面積の減少が著しい地域¹²⁾であり、燃料用木材消費量と森林面積率の因果関係は、本研究の仮説と逆(燃料用木材消費量の増加による森林面積率の減少)の可能性も考えられる。化石燃料消費量に関しては、回帰係数がいずれの化石燃料消費量(表-8~11)でも負値であったことから、石炭・石油・天然ガスと燃料用木材が代替関係にあることが考えられる。ただし、森林面積率

を説明変数に追加した結果(表-12)では、化石燃料の統計的有意性が確認できなかった。

f) オセアニア

この地域も経済水準(表-7~12)に関しては、南米と同様の傾向から燃料用木材消費量との関係は不明瞭な結果となった。森林面積率(表-8, 12)についても、説明変数の組み合わせの違いにより、回帰係数の符号が逆転したことから、燃料用木材消費量との明確な関係は確認できなかった。一方、化石燃料消費量(表-8, 9, 11, 12)においては、石炭・石油・化石燃料の総和の回帰係数がいずれも正值となり、かつ6地域の中で最も大きい数値であった。そのため、燃料用木材消費量と代替関係ではなく、共に増加(減少)する関係が示唆された。また、それらの回帰モデルの決定係数が0.8前後であり、今回の分析結果の中では極めて高い値となった。こういった背景には、オセアニア地域の対象国数(9カ国)が他地域よりも少ない点とオーストラリアが世界第十一位の石炭消費量や世界第二十位の石油消費量(2013年)¹²⁾であることが影響しているのではないかと考えられる。

4. まとめ

本研究では、世界148カ国を地理的に6地域に分類し、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を行った。1人当たり燃料用木材消費量を被説明変数、経済水準(1人当たりGDP)のみを説明変数としたパネルデータ分析を行った結果、アジア・アフリカ・北中米・オセアニアの4地域では、最も説明力の高い回帰モデルとして対数曲線が選ばれた。そのため、経済水準の上昇に伴って燃料用木材消費量が対数関数的に減少する傾向が確認された。一方、ヨーロッパ地域は上に凸、南米地域は下に凸の二次曲線が選ばれ、経済水準の上昇に伴う燃料用木材消費量の増加傾向の可能性も示された。特に、ヨーロッパ地域は近年の木質バイオマスエネルギーの利用推進動向が影響していると考えられる。

また、森林面積率(国土面積に占める森林面積の比率)および1人当たり化石燃料消費量(石炭、石油、天然ガス、それらの総和)を説明変数に追加したパネルデータ分析の結果、アジア・アフリカ・ヨーロッパ・北中米の4地域において森林面積率の燃料用木材消費量に対するプラスの効果が確認された。一方、南米地域ではマイナスの効果となることが分かった。また、アジア・アフリカ・ヨーロッパ・南米の4地域では、化石燃料消費量の燃料用木材消費量に対するマイナスの効果があり、代替関係にある可能性が示された。一方、北中米・オセアニアの2地域は、プラスの効果が確認され、代替関係にはないことが示唆された。

以上のように、地域ごとに共通あるいは異なる特徴が明らかになり、世界全体での分析や世界各国を経済発展段階によって分類する分析では得られなかった結果であり、世界の国々を地理的6区分によって分類したことの意義と考えられる。

しかしながら、決定係数が一部の分析結果で高いオセアニアを除けば、他の地域では、高いとはいえず、今後はさらなる因子を検討・分析することや各地域の文化・産業などの背景を十分考慮した仮説の設定が必要である。今後、より様々な因子の検討を進め、各地域の特徴をより反映した説明力のあるモデルを明らかにすることができれば、燃料用木材消費量の将来予測や地球温暖化等の地球環境問題への効果・影響の検討に有用な知見が得られると考えられる。

謝辞：本研究はJSPS科研費26870181および環境省第Ⅲ期環境経済の政策研究の助成により行われました。

付録：分析対象国

Asia： Afghanistan, Cambodia, China, India, Indonesia, Iran, Iraq, Israel, Japan, Kuwait, Laos, Malaysia, Mongolia, Philippines, Qatar, Republic of Korea, Saudi Arabia, Singapore, Thailand, Turkey, U.A.E, Vietnam

Africa： Algeria, Angola, Benin, Burkina Faso, Burundi, Cabo Verde, Cameroon, Central African Republic, Chad, Comoros, Congo, Djibouti, Egypt, Equatorial Guinea, Eritrea, Ethiopia, Gabon, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Kenya, Liberia, Libya, Madagascar, Malawi, Mali, Mauritius, Morocco, Mozambique, Namibia, Niger, Rwanda, Sao Tome and Principe, Senegal, Seychelles, Sierra Leone, South Africa, Sudan, Sudan (former), Swaziland, Togo, Tunisia, Uganda, United Republic of Tanzania, Zambia

Europe： Albania, Austria, Belarus, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Montenegro, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Republic of Moldova, Romania, Russian Federation, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Ukraine, United Kingdom

North, Central America： Bahamas, Barbados, Belize, Canada, Costa Rica, Dominica, Dominican Republic, El Salvador, Guatemala, Haiti, Honduras, Mexico, Nicaragua, Panama, Saint Vincent and the Grenadines, Trinidad and Tobago, United States of America

South America： Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana, Paraguay, Peru, Suriname, Uruguay, Venezuela

Oceania： Australia, Fiji, New Zealand, Papua New Guinea, Samoa, Solomon Islands, Tonga, Vanuatu

参考文献

- 1) FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) : FAO STAT, 2014.
- 2) Sikkema, R., Junginger, M., McFarlane, P., and Faaaj, A. :The GHG contribution of the cascaded use of harvested wood products in comparison with the use of wood for energy—A case study on available forest resources in Canada, *Environmental Science and Policy*, Vol.31, pp. 96-108, 2013.
- 3) Mills Busa, J. H. : Dynamite in the EKC tunnel? Inconsistencies in resource stock analysis under the environmental Kuznets curve hypothesis, *Ecological Economics*, Vol.94, pp. 116-126, 2013.
- 4) Buongiorno, J., Raunika, R. and Zhu, S: Consequences of increasing bioenergy demand on wood and forests (An application of the Global Forest Products Model), *Journal of Forest Economics*, Vol. 17, pp. 214-229, 2011.
- 5) 関庚鐸, 岡裕泰: 国際パネルデータを用いた林産物需要関数の推定, *森林総合研究所報告*, Vol. 11, No.1, pp. 1-11, 2012.
- 6) 加用千裕, 橋本征二, 森口祐一: 統計的分類手法を用いた紙・板紙消費に影響する社会経済因子の分析, *土木学会論文集G*, Vol. 68, No. 6, pp. 473-484, 2012.
- 7) Julianne H. Mills Busa : Deforestation beyond borders: Addressing the disparity between production and consumption of global resources, *Conservation Letters*, Vol. 6, pp. 192-199, 2013.
- 8) 北村行伸 : パネルデータ分析, 一橋大学経済研究叢書, 岩波書店, pp. 53, 2005.
- 9) World Bank : World Bank Data Base
<http://data.worldbank.org/indicator> (参照日:04/20/2014)
- 10) United Nations : UNdata
<http://data.un.org/Data.aspx?d=FAO&f=itemCode%3a6601>
(参照日:12/02/2014)
- 11) IEA (International Energy Agency) : World Energy Statistics and Balances
<http://wds.iea.org/WDS/Common/Login/login.aspx>
(参照日:12/05/2014)
- 12) FAO : Global Forest Resources Assessment 2010, 2010.

(2015. 7. 16 受付)

PANEL DATA ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING GLOBAL WOOD FUEL CONSUMPTION

Tsubasa SATO, Chihiro KAYO

Globally, most wood is used for fuel. For investigation of the changes in the future uses of wood as fuel, this study analyzed panel data on various factors related to wood fuel consumption in 6 regions (Asia, Africa, Europe, North/Central America, South America, and Oceania) as geographical classifications of countries worldwide. The results showed a decreasing trend in per capita consumption of wood fuel as a country's economic level (per capita GDP) increases in Asia, Africa, North/Central America, and Oceania. However, this trend could not be confirmed for Europe and South America. The rising (declining) rate of a country's forest area could contribute to an increase (decrease) in per capita consumption of wood fuel for each region except South America and Oceania. Moreover, an increase (decrease) in per capita consumption of fossil fuels could influence the decrease (increase) in per capita consumption of wood fuel in Asia, Africa, Europe, and South America, indicating a potential alternative relationship between wood fuel consumption and fossil fuel consumption.