

# パネルデータを用いた紙・板紙需要の要因分析

加用 千裕<sup>1</sup>・横尾 英史<sup>2</sup>・橋本 征二<sup>3</sup>・森口 祐一<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)  
E-mail:kayo.chihiro@nies.go.jp

<sup>2</sup>非会員 国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)  
E-mail:yokoo.hidefumi@nies.go.jp

<sup>3</sup>正会員 立命館大学 理工学部 環境システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)  
E-mail:shashimo@fc.ritsumei.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 東京大学大学院 工学系研究科 都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)  
E-mail:yuichi@env.t.u-tokyo.ac.jp

紙・板紙の需要の要因を検討するために、世界63カ国における15年間のパネルデータを用いた回帰分析を行った。特に用途の違いに着目しながら、その需要と経済発展との関連、複数の要因との関連、の2つの観点から分析を進めた。経済発展との関連では、全ての用途において需要と経済水準との間にEKCのような逆U字型の関係の有意性があり、経済発展に伴い紙・板紙需要が飽和あるいは減少に向かう可能性が明らかになった。また、複数の要因との関連では、新聞用紙の需要はインターネットの利用により減少するが、印刷・情報用紙の需要はパソコンの普及により増加することが分かった。衛生用紙の需要は所得の増加、教育水準の上昇、第3次産業の進展によって増加することが確認された。また、段ボールの需要は所得や畜産物生産量の増加により増加し、価格の上昇や都市化により減少することが分かった。

**Key Words :** *panel data analysis, paper and paperboard, environmental Kuznets curve, information technology, educational level, urbanization, tertiary industry*

## 1. はじめに

近年、世界の紙・板紙需要量は増大傾向にあり、世界全体の消費量は1992年から2006年までの15年間に約1.5倍に増加した<sup>1)</sup>。特に、アジア地域の消費量はこの15年間に約2.0倍となり、他のどの地域よりも増加率が大きかった。人間の経済活動に伴う紙・板紙の生産や消費は様々な環境問題と関わりがある。世界の紙・パルプ産業は鉄鋼産業、石油化学産業、セメント産業に次いでエネルギー消費量の大きい産業<sup>2)</sup>であり、気候変動問題に寄与している。また、紙の原料として木材資源を利用することから、森林減少・劣化問題の一因ともなっている。そのため、持続可能な社会経済活動の実現に向けて資源・エネルギー消費の増大を抑制していく観点から、紙・板紙の需要自体の増加を抑制することが有効な方策のひとつと考えられる。それには、まず、どのような社会的・経済的要因が紙・板紙の需要にどの程度影響を与えているのかを明らかにすることが不可欠となる。また、紙・板紙は新聞紙、衛生紙、包装紙、段ボールといった様々な異なる用途へ利用されており、その需要構造を詳

しく理解するためには、それぞれの用途に対して詳細な要因分析が必要となる。

そこで、以下では、用途と要因に着目して紙・板紙需要の既往研究を整理する。Kaltenberg<sup>3)</sup>は、アメリカにおける1950～1978年のデータを用いて紙・板紙需要の要因を検討した。用途は紙と板紙の2種類、要因はどちらの用途も所得、価格、代替物の価格を対象とした。Baudin<sup>4)</sup>は、世界約50カ国における1961～1981年のデータを利用し、用途は新聞用紙、印刷・情報用紙、その他の3種類、要因はいずれの用途も所得、価格、時間トレンドを対象とされた。Chas-Amil<sup>5)</sup>も、新聞紙、印刷・情報用紙、その他の3種類の用途に対して、いずれも所得と価格を要因とし、需要への影響を分析した。McCarthy<sup>6)</sup>は、世界4地域における1961～2000年のデータを用いて、用途は新聞紙、印刷・情報用紙、衛生紙、包装紙の4種類とし、要因はどの用途も所得、価格、都市化率、時間トレンドを対象とし、需要に与える影響を検討した。このように、これらの既往研究では、異なる用途に対して全て同じ要因が検討されている。用途ごとに異なる要因が考えられるにも関わらず、その違いに注

目した分析はこれまでほとんど行われてこなかった。

また、紙・板紙需要の要因において、特に所得との関係に着目すると、環境問題と経済発展との間に環境クズネツ曲線 (Environmental Kuznets Curve: EKC) と呼ばれる逆U字型の関係が存在するかどうかを検証する研究がこれまで数多く行われてきた。対象とされた環境影響は大気汚染物質<sup>7, 8)</sup>、温室効果ガス<sup>9, 10)</sup>、森林破壊<sup>11)</sup>、生物多様性<sup>12)</sup>等が挙げられる。資源の消費についても、それによって資源の生産、輸送、廃棄等を通じた自然攪乱や環境負荷排出が誘発されることから、前述の環境影響と同様に経済発展との関連性を分析する意義がある。そのため、資源消費と経済発展との間のEKC関係について検討した研究<sup>13, 14)</sup>が報告されている。しかし、紙資源の消費については、著者らが検討<sup>15)</sup>を行ってきたが、これまでほとんど研究されてこなかった。

以上のような既往研究の課題を踏まえ、本研究では、紙・板紙の用途の違いに着目しながら、その需要の要因を解明するために、パネルデータ (複数の個体を複数の時点に渡って追跡調査したデータセット) を用いた回帰分析を試みた。その際、経済発展との関連、様々な要因との関連、の2つの観点から紙・板紙の需要構造を明らかにすることを目指した。経済発展との関連については、紙・板紙需要と経済水準との間にEKCのような飽和あるいは減少傾向が確認されるかどうかに着目した分析を行った。また、様々な要因との関連については、既往研究のように主に所得と価格だけで需要を説明しようとするのではなく、IT機器の普及、教育水準、産業構造といった複数の要因を対象として需要へ与える影響の分析を行った。

## 2. 分析方法

世界63カ国における1992年～2006年のパネルデータを利用し、紙・板紙需要と経済発展との関連、紙・板紙需要の複数の要因について回帰分析を行った。紙・板紙の用途を新聞用紙、印刷・情報用紙、衛生紙、段ボール、紙器、包装紙に分類し、それぞれの用途に対して回帰モデルを設定した。それらの回帰モデルは次節(1)および(2)に詳述した。回帰モデルの推定方法は通常最小2乗法を用いるプーリング推定、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の3種類とした。また、プーリング推定と固定効果推定に対してF検定を、プーリング推定とランダム効果推定に対してBreusch and Pagan検定を、固定効果推定とランダム効果推定に対してHausman検定をそれぞれ行い、どの推定方法を採用すべきかを判断した。また、分析に使用した各種データは次章3に詳述した。

### (1) 紙・板紙需要と経済発展との関連

紙・板紙需要と経済発展との関連性を分析するために、用途ごとの1人当たり紙・板紙需要量を被説明変数、1人当たりGDPを説明変数とする回帰分析を行った。回帰モデルは1次、2次、3次関数を検討し、それぞれ式(1)～(3)に示した。

$$DEMpc_{it} = a_1 + a'_{1it} + b_{1i} \cdot GDPpc_{it} + u_{1it} \quad (1)$$

$$DEMpc_{it} = a_2 + a'_{2it} + b_{2i} \cdot GDPpc_{it} + c_{2i} \cdot (GDPpc_{it})^2 + u_{2it} \quad (2)$$

$$DEMpc_{it} = a_3 + a'_{3it} + b_{3i} \cdot GDPpc_{it} + c_{3i} \cdot (GDPpc_{it})^2 + d_{3i} \cdot (GDPpc_{it})^3 + u_{3it} \quad (3)$$

ここで、 $i$ は紙・板紙の用途 (新聞用紙、印刷・情報用紙、衛生紙、段ボール、紙器、包装紙)、 $j$ は国、 $t$ は時間 (year) を示す。 $DEMpc$  (kg/person/year) は1人当たり紙・板紙需要量、 $GDPpc$  (international \$/person) は1人当たりGDP (購買力平価換算) を示す。 $a$ 、 $a'$  は定数項を示す。なお、 $a'$  は各国における固有の特性を示し、プーリング推定では、この固有特性を考慮しない ( $a' = 0$ )。一方、固定効果推定では、固有特性を確定的な要因として考慮し、ランダム効果推定では、固有特性を確率的な要因と想定してそれぞれ回帰分析を行う。 $b$ 、 $c$ 、 $d$  は回帰係数、 $u$  は誤差項を示す。

### (2) 紙・板紙需要の複数の要因

複数の説明変数を想定して紙・板紙需要の要因を分析するために、用途ごとに要因として期待される変数を検討した。既往研究の結果を踏まえて、所得 (1人当たりGDP) と価格はいずれの用途においても需要の要因となると考え、全ての用途の説明変数に含めた。所得の増加は需要の増加に、価格の上昇は需要の減少に寄与すると想定した。新聞用紙では、インターネット上の電子新聞・ニュースの普及が需要の減少に、新聞広告の増加が需要の増加に影響すると考えた。また、教育水準が高く、都市地域に居住するほど新聞をより購読すると仮定した。印刷・情報用紙では、パソコン等の電子機器の普及によって紙媒体との代替効果があり、需要が抑制されると想定した。また、雑誌広告の増加は需要の減少に寄与し、教育水準の上昇や都市地域の拡大に伴い、書籍・雑誌の購読が増加すると仮定した。さらに、第3次産業の進展によって、オフィス・事業所における印刷・情報用紙の利用が増加すると考えた。衛生紙では、教育水準の向上や都市化の進展によって衛生的な生活への意識や配慮が高まり、需要が増加すると想定した。また、第3次産業の拡大により、オフィス・事業所での衛生用紙の利用が

増加すると仮定した。段ボール、紙器、包装紙については、主な用途は食料品を梱包・輸送することであり、農作物や畜産物の生産量に影響されると想定した。特に農作物との関連が強いと予想した。また、都市化の進展によって人口集中が進むと、物流がまとまり、効率的に梱包材が利用され、需要は抑制されると考えた。

以上を踏まえ、各用途における説明変数を選定し、その回帰モデルを式(4)～(9)に示した。回帰係数を変化率として表すために、比率ではない単位で表わされる変数は対数 (ln) に変換して回帰分析を行った。また、分散拡大要因 (Variance Inflation Factor : VIF) の指標を用いて、説明変数間の相関が強い多重共線性の可能性を確認しながら分析を進めた。

$$\ln (DEMpc\_newsprint)_{jt} = a_4 + a'_{4j} + b_4 \cdot \ln (GDPpc)_{jt} + c_4 \cdot \ln (price\_news)_{jt} + d_4 \cdot internet_{jt} + e_4 \cdot adv\_news_{jt} + f_4 \cdot education_{jt} + g_4 \cdot urban_{jt} + u_{4jt} \quad (4)$$

$$\ln (DEMpc\_printing\ and\ writing)_{jt} = a_5 + a'_{5j} + b_5 \cdot \ln (GDPpc)_{jt} + c_5 \cdot \ln (price\_print)_{jt} + d_5 \cdot \ln (computer)_{jt} + e_5 \cdot adv\_maga_{jt} + f_5 \cdot education_{jt} + g_5 \cdot urban_{jt} + h_5 \cdot tertiary_{jt} + u_{5jt} \quad (5)$$

$$\ln (DEMpc\_sanitary\ paper)_{jt} = a_6 + a'_{6j} + b_6 \cdot \ln (GDPpc)_{jt} + c_6 \cdot \ln (price\_sani)_{jt} + d_6 \cdot education_{jt} + e_6 \cdot urban_{jt} + f_6 \cdot tertiary_{jt} + u_{6jt} \quad (6)$$

$$\ln (DEMpc\_containerboard)_{jt} = a_7 + a'_{7j} + b_7 \cdot \ln (GDPpc)_{jt} + c_7 \cdot \ln (price\_ccw)_{jt} + d_7 \cdot urban_{jt} + e_7 \cdot \ln (pro\_crop)_{jt} + f_7 \cdot \ln (pro\_live)_{jt} + u_{7jt} \quad (7)$$

$$\ln (DEMpc\_cartonboard)_{jt} = a_8 + a'_{8j} + b_8 \cdot \ln (GDPpc)_{jt} + c_8 \cdot \ln (price\_ccw)_{jt} + d_8 \cdot urban_{jt} + e_8 \cdot \ln (pro\_crop)_{jt} + f_8 \cdot \ln (pro\_live)_{jt} + u_{8jt} \quad (8)$$

$$\ln (DEMpc\_wrapping\ paper)_{jt} = a_9 + a'_{9j} + b_9 \cdot \ln (GDPpc)_{jt} + c_9 \cdot \ln (price\_ccw)_{jt} + d_9 \cdot urban_{jt} + e_9 \cdot \ln (pro\_crop)_{jt} + f_9 \cdot \ln (pro\_live)_{jt} + u_{9jt} \quad (9)$$

ここで、*price\_news* (international \$/t) は新聞用紙の価格、*internet* (%) はインターネット利用率、*adv\_news* (%) はGDPに占める新聞広告の比率、*education* (%) は高等教育機関進学率、*urban* (%) は都市化率、*price\_print* (international \$/t) は印刷・情報用紙の価格、*computer* (number/person) は1人当たりパソコン利用台数、*adv\_maga* (%) はGDPに占める雑誌広告の比率、*tertiary* (%) はGDPに占める第3次産業の比率、*price\_sani* (international \$/t) は衛生紙の価格、*price\_ccw* (international \$/t) は段ボール、紙器、包装紙の価格、

*pro\_crop* (kg/person/year) は1人当たり農作物生産量、*pro\_live* (kg/person/year) は1人当たり畜産物生産量を示す。また、*a*, *a'* は定数項を示す。前述の通り、*a'* は各国における固有の特性を示し、プーリング推定はこの固有特性を考慮せず、固定効果推定は確定的な要因として考慮し、ランダム効果推定は確率的な要因と想定する。*b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h* は回帰係数、*u* は誤差項を示す。

### 3. データ

分析対象国は2006年における1人当たりGDP (購買力平価換算) の上位70カ国のうち、データ収集が可能であった63カ国とした。これら63カ国における1992年から2006年までの15年間にわたる各種データを利用することとした。なお、2006年においてこれら63カ国の紙・板紙消費量は世界合計の92%<sup>1)</sup>を占めた。用途ごとの1人当たり紙・板紙需要量 (kg/person/year) は、見かけの消費量 (=生産量+輸入量-輸出量) (kg/year)<sup>1)</sup>を人口<sup>16)</sup>で除して算出した。1人当たりGDP (実質、2005年基準) (international \$/person) はWorld Bank<sup>16)</sup>から引用した。用途ごとの価格 (international \$/t) は輸入と輸出の合計額 (US \$/year)<sup>17)</sup>を輸入と輸出の合計量 (t/year)<sup>17)</sup>で除し、さらに、1 US \$当たり local currency (LCU/US \$)<sup>16)</sup>と1 local currency 当たり international \$ (international \$/LCU)<sup>16)</sup>を乗じ、2005年を基準としたGDPデフレーター<sup>16)</sup>で除して算出した。インターネット利用率 (総人口に占めるインターネット利用人口の比率) (%) はインターネット利用者<sup>18)</sup>を人口で除することにより算出した。GDPに占める新聞広告、雑誌広告の比率 (%) はZenithOptimedia<sup>19)</sup>から引用した。1人当たりパソコン利用台数 (number/person) はパソコン利用台数<sup>18)</sup>を人口で除して求めた。高等教育機関進学率 (高等教育対象人口に占める高等教育機関登録人口の比率) (%) はUnited Nations<sup>20)</sup>から引用した。都市化率 (総人口に占める都市地域に居住する人口の比率) (%) は都市人口<sup>17)</sup>を人口で除することにより算出した。GDPに占める第3次産業の比率 (%) はUnited Nations<sup>20)</sup>から引用した。1人当たり農作物 (穀物、野菜、果実等)、畜産物 (肉、卵、乳製品等) 生産量 (kg/person/year) は農作物、畜産物生産量 (kg/year)<sup>17)</sup>を人口で除することによって求めた。各種データの基本統計量 (データ数、平均値、標準偏差、最小値、最大値) を表-1にまとめた。

### 4. 結果と考察

#### (1) 紙・板紙需要と経済発展との関連

経済水準を説明変数とした1人当たり紙・板紙需要量

表-1 回帰分析に用いた変数の基本統計量

	Unit	N	Mean	Std. Dev.	Min.	Max.
DEMpc_newsprint	kg/person/year	945	14.665	15.251	0.000	61.428
DEMpc_printing and writing	kg/person/year	945	32.684	31.175	0.000	166.007
DEMpc_sanitary paper	kg/person/year	945	7.316	5.646	0.000	24.470
DEMpc_containerboard	kg/person/year	945	27.689	23.355	0.000	106.866
DEMpc_cartonboard	kg/person/year	945	11.676	12.629	0.000	57.066
DEMpc_wrapping paper	kg/person/year	945	5.264	5.662	0.000	54.288
DEMpc_paper and paperboard	kg/person/year	945	104.043	88.900	1.057	360.341
GDPpc	International \$/person	932	18227.550	12018.580	1223.926	66597.700
price_news	International \$/t	798	5664.779	55841.470	1.710	1444977.000
price_print	International \$/t	866	11263.970	83651.320	59.011	1764076.000
price_sani	International \$/t	661	2892.165	10166.660	192.702	195812.500
price_ccw	International \$/t	757	4712.339	50847.880	194.370	1275484.000
internet	%	886	16.532	20.723	0.000	86.508
computer	number/person	829	0.181	0.188	0.000	0.943
adv_news	%	769	0.805	0.348	0.002	2.134
adv_maga	%	715	0.096	0.069	0.000	0.421
education	%	750	41.450	21.314	2.898	97.976
urban	%	945	69.120	17.952	0.000	100.000
tertiary	%	945	59.407	11.135	19.460	77.542
pro_crop	kg/person/year	944	1062.915	715.793	0.000	3412.789
pro_live	kg/person/year	944	374.908	491.166	0.000	4129.295

の回帰分析結果を表-2に示した。回帰モデルの推定方法において、いずれの用途もプーリング推定は採用されず、固定効果推定あるいはランダム効果推定が採用される結果となった。そのため、表-2には固定効果推定とランダム効果推定の結果を示した。Hausman検定の結果の確率が10% (0.100) 以上の時、固定効果推定よりもランダム効果推定が正しいと設定すると、18個 (=回帰モデル3 × 用途数6) の回帰分析結果のうち、10個は固定効果推定、8個はランダム効果推定が採用される結果となった。

用途ごとに回帰モデルの決定係数を比較すると、いずれの回帰モデルも衛生紙 (sanitary paper) の説明力が最も高く、経済水準との関連が大きかった。続いて段ボール (containerboard) や印刷・情報用紙 (printing and writing) の説明力が高くなった。一方、包装紙 (wrapping paper) は説明力が低く、単純に経済水準では説明できないことが分かった。

回帰モデルごとに回帰係数の有意性をみると、いずれの用途も3次関数において統計的に有意でないと判断される回帰係数が確認され、1次関数においても包装紙の回帰係数が有意でないと判断された。一方、2次関数では、いずれの用途も回帰係数に有意性が確認され、3つの回帰モデルの中で経済発展との関係性を最も説明できていると考えられる。

この2次関数が逆U字型の形状をしている場合、EKCの存在を確認することができる。いずれの用途においても1人当たりGDPの2乗値の回帰係数の符号が負であり、ある程度経済発展が進むと紙・板紙需要は飽和あるいは

減少に向かう可能性が示された。ただし、ターニングポイントとなる1人当たりGDPをみると、印刷・情報用紙は67,523 (international \$/person) (推定方法として採用された固定効果推定の結果) と高く、分析対象国における最大値66,598 (表-1参照) を上回り、現状では飽和や減少の傾向は確認できない結果となった。また、衛生紙や段ボールもそれぞれ62,835 (ランダム効果推定)、42,280 (ランダム効果推定) となり、高い経済水準に達しなければ飽和や減少の傾向は表れないことが分かった。ターニングポイントが最も早く訪れる包装紙でも28,625 (固定効果推定) と推定され、分析対象国における平均値18,228 (表-1参照) より1万international \$以上も大きくなった。

## (2) 紙・板紙需要の複数の要因

複数の説明変数による1人当たり紙・板紙需要量の回帰分析結果を表-3に示した。回帰モデルの推定方法において、いずれの用途もプーリング推定は採用されず、固定効果推定かランダム効果推定が採用されたため、表-3にはこの2種類の推定方法の結果を示した。また、全ての回帰分析結果において、VIFが5を下回ったことから、説明変数間の多重共線の可能性は低いと考えられる。以下、用途ごとに詳しく考察した。

1人当たり新聞用紙需要量において、需要の要因と想定した説明変数のうち、1人当たりGDP、インターネット利用率、GDPに占める新聞広告の比率の回帰係数にそれぞれ有意性があり、価格、高等教育機関進学率、都市

表-2 経済水準を説明変数とした1人当たり紙・板紙需要量の回帰分析結果

	Newsprint		Printing and writing		Sanitary paper		Containerboard		Cartonboard		Wrapping paper	
	Fixed	Random	Fixed	Random								
<b>Linear curve model</b>												
GDPpc	3.26E-04 *** 0.077	3.66E-04 *** 0.077	0.001 *** 0.261	0.001 *** 0.261	4.49E-04 *** 0.616	4.37E-04 *** 0.616	0.001 *** 0.289	0.001 *** 0.289	3.25E-04 *** 0.077	3.49E-04 *** 0.077	3.32E-05 0.001	8.24E-05 *** 0.001
Adj. R <sup>2</sup>	0.077	0.077	0.261	0.261	0.616	0.616	0.289	0.289	0.077	0.077	0.001	0.001
Hausman, Prob > $\chi^2$	-	0.000	0.301	0.301	-	0.001	0.270	0.270	-	0.062	-	0.002
N	932	932	932	932	932	932	932	932	932	932	932	932
<b>Quadratic curve model</b>												
GDPpc	0.001 *** -1.27E-08 ***	0.001 *** -1.45E-08 ***	0.002 *** -1.72E-08 ***	0.003 *** -2.31E-08 ***	0.001 *** -5.42E-09 ***	0.001 *** -5.82E-09 ***	0.003 *** -3.63E-08 ***	0.003 *** -3.73E-08 ***	0.001 *** -1.27E-08 ***	0.001 *** -1.41E-08 ***	3.44E-04 *** -6.00E-09 ***	4.50E-04 *** -7.12E-09 ***
TP, international \$/person	38,606	38,676	67,523	57,537	67,260	62,835	43,346	42,280	38,622	38,206	28,625	31,608
R <sup>2</sup>	0.125	0.125	0.277	0.275	0.654	0.653	0.389	0.388	0.127	0.127	0.021	0.019
Adj. R <sup>2</sup>	0.124	0.124	0.276	0.274	0.654	0.653	0.388	0.387	0.126	0.126	0.020	0.018
Hausman, Prob > $\chi^2$	-	0.000	-	0.000	-	0.823	-	0.905	-	0.007	-	0.015
N	932	932	932	932	932	932	932	932	932	932	932	932
<b>Cubic curve model</b>												
GDPpc	0.001 ** 8.22E-09	0.001 *** 8.74E-09	0.003 *** -2.76E-08	0.002 *** -1.15E-08	0.001 *** -1.45E-09	0.001 *** 6.02E-10	0.003 *** -2.03E-08	0.003 *** -1.42E-08	0.001 *** -1.87E-08 **	0.001 *** -1.49E-08 *	4.36E-04 ** -1.03E-08	4.94E-04 *** -9.07E-09
(GDPpc) <sup>2</sup>	-2.70E-13 **	-2.98E-13 ***	1.35E-13	-1.54E-13	-5.13E-14 *	-8.19E-14 **	-2.07E-13	-2.94E-13 *	7.81E-14	8.69E-15	5.58E-14	2.41E-14
R <sup>2</sup>	0.135	0.135	0.277	0.274	0.655	0.655	0.390	0.390	0.127	0.127	0.021	0.020
Adj. R <sup>2</sup>	0.133	0.133	0.275	0.272	0.654	0.654	0.389	0.389	0.125	0.125	0.019	0.018
Hausman, Prob > $\chi^2$	-	failed	-	failed	-	0.001	-	0.089	-	failed	-	failed
N	932	932	932	932	932	932	932	932	932	932	932	932

Fixedは固定効果推定、Randomはランダム効果推定を表す。説明変数欄には、その説明変数の回帰係数を示した。\*\*\*, \*\*, \*は検定における有意水準1%, 5%, 10%をそれぞれ表す。TP, international \$/personは2次関数モデル (quadratic curve model) においてターニングポイントとなる1人当たりGDPを示す。Hausman, Prob >  $\chi^2$ はHausman検定の結果 (固定効果推定よりもランダム効果推定が正しい確率) を示す。failedはHausman検定で用いられた共分散行列が負となる場合を示し、検定の前提となる仮定を満たしていない可能性がある。ランダム効果推定を採用することとした。

表-3 複数の説明変数による1人当たり紙・板紙需要量の回帰分析結果

	Newsprint		Printing and writing		Sanitary paper		Containerboard		Cartonboard		Wrapping paper	
	Fixed	Random	Fixed	Random	Fixed	Random	Fixed	Random	Fixed	Random	Fixed	Random
ln(GDPpc)	0.942 ***	1.022 ***	0.484 ***	0.756 ***	0.964 ***	0.984 ***	1.298 ***	1.231 ***	0.926 ***	0.909 ***	0.337 **	0.507 ***
ln(price_news)	0.020	0.024	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ln(price_print)	-	-	-0.103 ***	-0.092 ***	-	-	-	-	-	-	-	-
ln(price_sani)	-	-	-	-	-0.101 ***	-0.099 ***	-	-	-	-	-	-
ln(price_cwv)	-	-	-	-	-	-	-0.142 ***	-0.134 ***	-0.100 ***	-0.100 ***	0.021	0.054 *
internet	-0.002 ***	-0.003 ***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ln(computer)	-	-	0.206 ***	0.107 ***	-	-	-	-	-	-	-	-
adv_news	0.104 *	0.114 **	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
adv_mega	-	-	0.263	0.524	-	-	-	-	-	-	-	-
education	0.000	0.001	-0.001	-0.000	0.002 *	0.002 *	-	-	-	-	-	-
urban	-0.006	-0.004	-0.044 ***	-0.016 ***	0.003	0.000	-0.038 ***	-0.021 ***	-0.007	-0.010	-0.040 ***	-0.012
tertiary	-	-	-0.012 ***	-0.001	0.008 ***	0.012 ***	-	-	-	-	-	-
ln(pro_crop)	-	-	-	-	-	-	-0.173 **	-0.059	-0.193 *	-0.061	-0.093	-0.117
ln(pro_live)	-	-	-	-	-	-	0.307 ***	0.256 ***	0.336 **	0.443 ***	0.868 ***	0.582 ***
R <sup>2</sup>	0.263	0.262	0.599	0.565	0.702	0.701	0.575	0.568	0.292	0.289	0.063	0.046
Hausman, Prob > $\chi^2$	-	0.000	-	0.000	552	0.004	-	0.000	757	0.249	-	0.000
N	589	589	550	550	552	552	756	756	757	757	745	745

Fixedは固定効果推定, Randomはランダム効果推定を表す。説明変数欄には、その説明変数の回帰係数を示した。\*\*\*, \*\*, \*は検定における有意水準1%, 5%, 10%をそれぞれ表す。TP, international \$/personは2次関数モデル (quadratic curve model) においてターニングポイントとなる1人当たりGDPを示す。Hausman, Prob >  $\chi^2$ はHausman検定の結果 (固定効果推定よりもランダム効果推定が正しい確率) を示す。failedはHausman検定で用いられた共分散行列が負となる場合を示し、検定の前提となる仮定を満たしていない可能性があり、ランダム効果推定を採用することとした。

化率の回帰係数には有意性がなく、需要との明確な関連性は確認されなかった。1人当たりGDPとGDPに占める新聞広告の比率の回帰係数の符号はどちらも正であり、これらの要因が1%増加することにより1人当たり新聞用紙需要量はそれぞれ0.9%、0.1%（推定方法として採用された固定効果推定の結果）増加することが分かった。一方、インターネット利用率の回帰係数の符号は負を示したことから、インターネットの普及により新聞用紙の需要は減少することが示唆された。仮説のとおり、電子新聞・ニュースの利用によって紙媒体での新聞購読が減少すると考えられる。また、価格の上昇は需要の減少に寄与するとは言えない結果となった。既往研究<sup>5)</sup>では、価格の回帰係数に負の有意性が確認されており、本研究と異なる結果が示されている。これらの研究と本研究との相違点として、需要量のデータソースがFAO<sup>16)</sup>かRISI<sup>1)</sup>か、価格の単位がUS\$換算かinternational\$（購買力平価）換算か、対象期間が長く古いか短く新しいか、対象国が異なること等が挙げられ、これらが異なる分析結果の原因と考えられる。

1人当たり印刷・情報用紙需要量において、対象とした説明変数のうち、1人当たりGDP、価格、1人当たりパソコン利用台数、都市化率にそれぞれ有意性が認められたが、GDPに占める雑誌広告の比率と高等教育機関進学率の回帰係数は統計的に有意と判断されなかった。また、第3次産業の比率の回帰係数は推定方法によって有意性の有無が異なり不安定な傾向が見られた。1人当たりGDPと1人当たりパソコン利用台数の回帰係数の符号は正であり、これらの要因の1%増加により、1人当たり印刷・情報用紙需要量はそれぞれ0.5%、0.2%（固定効果推定）増加することが確認された。特に、1人当たりパソコン利用台数の回帰係数は仮説と逆の結果となり、パソコン等の電子機器の普及によって印刷・情報用紙の需要は減少するのではなく、逆に増加することが分かり、内容出力のために紙が多用されることが原因と考えられる。一方、価格の回帰係数の符号は負となり、価格が1%上昇することによって需要は0.1%（固定効果推定）減少することが確認された。また、都市化率の回帰係数も負を示し、仮説とは逆の結果となった。

1人当たり衛生紙需要量において、想定した説明変数のうち、1人当たりGDP、価格、高等教育機関進学率、GDPに占める第3次産業の比率の回帰係数は統計的に有意となり、都市化率の回帰係数は有意とならなかった。1人当たりGDPの回帰係数の符号は正となり、所得の1%増加によって衛生紙の需要も1%（固定効果推定）増加する結果となった。一方、価格の回帰係数は負を示し、価格の1%上昇により需要は0.1%（固定効果推定）低下することが分かった。また、高等教育機関進学率の回帰係数は正となり、仮説のとおり、衛生意識が高くなり、

ナプキン、ペーパータオル、ティッシュペーパー等の需要が増加すると考えられる。さらに、GDPに占める第3次産業の比率の回帰係数も正を示し、仮説と同様の結果となった。オフィス・事業所における就業時間内に、第1次、第2次産業と比べて衛生紙の利用が増加する可能性が考えられる。

1人当たり段ボール需要量において、想定した説明変数のうち、1人当たりGDP、価格、都市化率、1人当たり畜産物生産量の回帰係数は統計的に有意な結果となったが、1人当たり農作物生産量の回帰係数は推定方法によって有意性の有無が異なるといった不安定な結果となった。1人当たりGDPの回帰係数は大きく、所得の1%増加に対して需要は1.3%（固定効果推定）増加することが分かった。また、価格と都市化率の回帰係数の符号は負を示し、仮説のとおり、これらの上昇は需要の低下に寄与することが確認された。特に、都市化による人口集中が進むことにより、梱包・輸送システムが効率化され、段ボールの需要は抑制されると予想される。また、段ボールの主な用途として食料品に着目した結果、農作物生産量との関連は明確にならず、畜産物生産量との関連が確認された。畜産物よりも農作物との関連が強いと想定していたが、逆の結果となった。1人当たり畜産物生産量が1%増加することにより、1人当たり段ボール需要量は0.3%（固定効果推定）増加することが分かった。

1人当たり紙器需要量において、対象とした説明変数のうち、1人当たりGDP、価格、1人当たり畜産物生産量の回帰係数が有意となったが、都市化率と1人当たり農作物生産量の回帰係数に有意性は認められなかった。

1人当たり包装紙需要量において、想定した説明変数のうち、1人当たりGDP、1人当たり畜産物生産量の回帰係数に統計的な有意性が認められ、価格、都市化率、1人当たり農作物生産量の回帰係数は有意とならなかった。1人当たりGDPよりも1人当たり畜産物生産量の方が回帰係数は大きくなり、それらの要因が1%増加することにより、1人当たり包装紙需要量はそれぞれ0.3%、0.9%（固定効果推定）増加することが分かった。一方、価格の上昇は需要の減少に寄与するとは言えない結果となった。

## 5. まとめ

本研究では、紙・板紙の用途の違いに着目しながら、その需要の要因を明らかにするために、パネルデータを用いた回帰分析を行った。特に、経済発展との関連、様々な要因との関連、の2つの観点から紙・板紙需要への影響要因について検討した。主な結果を以下に示す。

紙・板紙需要と経済発展との関連において、紙・板紙

の用途のうち、衛生紙の需要は経済水準で良く説明され、包装紙の需要は単純に経済水準だけでは説明できない。また、いずれの用途においても需要と経済水準との間に逆U字型の関係の有意性があり、経済発展に伴い紙・板紙需要が飽和あるいは減少に向かう可能性がある。ただし、1人当たりGDPが少なくとも3万international \$/person程度の高い経済水準に達するまでその傾向を確認することは難しい。

紙・板紙需要の複数の要因において、新聞用紙の需要は所得やGDPに占める新聞広告の増加により増加するが、インターネットの普及により減少する。印刷・情報用紙の需要は所得の増加やパソコンの普及により増加し、価格の上昇や都市化の進展により減少する。衛生紙の需要は所得の増加、高等教育機関進学率の上昇、GDPに占める第3次産業の増加により増加し、価格の上昇により減少する。段ボールの需要は所得、畜産物生産量の増加によって増加するが、価格の上昇や都市化の進展によって減少する。紙器の需要は所得や畜産物生産量の増加により増加し、価格の上昇により減少する。包装紙の需要は所得や畜産物生産量の増加により増加し、所得よりも畜産物生産量の影響が大きい。

**謝辞**：本研究は環境省環境研究総合推進費S-64「経済発展に伴う資源消費増大に起因する温室効果ガス排出の抑制に関する研究」の支援により行われました。

#### 参考文献

- 1) RISI (The leading information provider for the global forest products industry): Global Industry Statistics Database, 2009.
- 2) IEA (International Energy Agency): Tracking Industrial Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions, 2007.
- 3) Kaltenberg, M. C. and Buongiorno, J.: Growth and decline of the paper industry, an economic analysis of US regions, *Applied Economics*, Vol. 18, pp. 379-397, 1986.
- 4) Baudin, A. and Lundberg, L.: A world model of the demand for paper and paperboard, *Forest Science*, Vol. 33, No. 1, pp. 185-196, 1987.
- 5) Chas-Amil, M. L. and Buongiorno, J.: The demand for paper and paperboard, economic models for European Union, *Applied Economics*, Vol. 32, pp. 987-999, 2000.
- 6) McCarthy, P. and Lei, L.: Regional demand for pulp and paper products, *Journal of Forest Economics*, Vol. 16, pp. 127-144, 2010.
- 7) Bruyn S.M.de, Bergh J.C.J.M. van den and Opschoor J.B.: Economic growth and emissions, reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves, *Ecological Economics*, Vol. 29, pp. 161-175, 1998.
- 8) Managi S. and Jena P. R.: Environmental productivity and Kuznets curve in India, *Ecological Economics*, Vol. 65, pp. 432-440, 2008.
- 9) Romero-Ávila D.: Questioning the empirical basis of the environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub>, New evidence from a panel stationarity test robust to multiple breaks and cross-dependence, *Ecological Economics*, Vol. 64, pp. 559-574, 2008.
- 10) Galeotti M., Lanza A. and Pauli F.: Reassessing the environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub> emissions, A robustness exercise, *Ecological Economics*, Vol. 57, pp. 152-163, 2006.
- 11) Koop G. and Tole L.: Is there an environmental Kuznets curve for deforestation? *Journal of Development Economics*, Vol. 58, pp. 231-244, 1999.
- 12) Mills J. H. and Waite T. A.: Economics prosperity, biodiversity conservation, and the environmental Kuznets curve, *Ecological Economics*, Vol. 68, pp. 2087-2095, 2009.
- 13) Bringezu, S., Schütz H., Steger S. and Baudisch J.: International comparison of resource use and its relation to economic growth, The development of total material requirement, direct material inputs and hidden flows and the structure of TMR, *Ecological Economics*, Vol. 51, pp. 97-124, 2004.
- 14) Rothman D. S.: Environmental Kuznets curves—real progress or passing the buck? A case for consumption-based approaches, *Ecological Economics*, Vol. 25, pp. 177-194, 1998.
- 15) Kayo C., Hashimoto S. and Moriguchi Y.: Paper and paperboard demand and associated carbon dioxide emissions in Asia toward 2050, *Journal of Industrial Ecology* (in press).
- 16) World Bank: World Bank Data, World Development Indicators (WDI) & Global Development Finance (GDF), 2010.
- 17) FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations): FAOstat, 2010.
- 18) ITU (International Telecommunication Union): World Telecommunication/ICT Indicators 2009, 2009.
- 19) ZenithOptimedia: Advertising Expenditure Forecasts, 1992-2006.
- 20) United Nations: UNdata, 2010.

(2011.9.8受付)

## PANEL DATA ANALYSIS OF DEMAND FOR PAPER AND PAPERBOARD

Chihiro KAYO, Hide-Fumi YOKOO, Seiji HASHIMOTO and Yuichi MORIGUCHI

We analyzed the factors behind demand for paper and paperboard using panel data for 15 years from 63 countries, focusing on the relationship between demand, economic growth and other factors for each usage category of paper and paperboard. We found that the environmental Kuznets curve model, the in-

verted-U curve model, for per capita demand of paper and paperboard using per capita GDP results in significant regression coefficients. The results show that paper and paperboard consumption would become saturated with economic growth. Newsprint demand could decrease with increasing use of the internet, whereas printing and writing paper demand will increase by diffusing personal computers. The sanitary paper demand increases with income growth, raising educational level and development of tertiary industry. The containerboard demand increases with income growth and increase of livestock products, and decreases with increasing price and urbanization.