

地域間産業連関表に基づく北海道の エコロジカル・フットプリント交易解析

余川 雅彦¹・辻 宣行²・加賀屋 誠一³

¹非会員 みずほ情報総研株式会社 社会経済コンサルティング部（〒101-8443 東京都千代田区神田錦町2-3）

E-mail:masahiko.yokawa@mizuho-ir.co.jp

²非会員 北海道大学 サステナビリティ学教育研究センター（〒060-0809 札幌市北区北9条西8丁目）

E-mail:n-tsuji@sgp.hokudai.ac.jp

³フェロー 北海道大学大学院 工学研究科（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）

E-mail:kagayas@eng.hokudai.ac.jp

本研究は、エコロジカル・フットプリント(EF)を地域間産業連関分析(IO)によって算出し、道内6地域間におけるEFの交易構造を提示した。推計されたEF原単位は、地域圏の生産効率の違いを反映していることが示された。算出されたEFによって、全ての地域圏で余力があることがわかった。EFの交易構造に関しては、道央圏を中心とした他圏域への強い結びつきが示され、道央圏からは「第3次産業関連」のEFを提供し、その他の地域圏からは「第1次産業関連」のEFを提供するという補完関係が示された。以上より、IOからEFを算出することは、地域間と産業間の生産効率の違いを織り込んだ金額ベースとは異なる指標となることが示された。

Key Words : *ecological footprint, multi-regional I-O analysis, impact analysis, sustainability, environmental indicator, multi-regional I-O trading*

1. はじめに

持続可能な開発を示す指標の1つとして、環境負荷の量を面積として算出することができるエコロジカル・フットプリント(Ecological Footprint, 以下 EF)が挙げられる。EFはある一定の人口あるいは経済活動を維持するための消費量を生み出す自然界の生産力、自然界の処理吸収能力を算定し、生産可能な土地(水域)面積に置き換えて表現する手法である。

既往の算出方法¹⁾²⁾では地域内に着目して算出されているため、産業間の生産効率や地域間の土地資源の移出入(交易)を考慮できないのが実情である。具体的には、生産効率に関しては、産業区分の違いによって環境へ与えるインパクトは異なるはずである。加えて、同じ産業区分であっても、地域の違いによって生産効率が異なるとすれば、交易の環境負荷は地域間で異なるはずである。今までの研究は地域・産業間の生産効率の違いにのみ着目しており、産業連関分析が得意とする交易の影響に関しては触れられてはいなかった。近年、産業連関表と

EFを結びつけた総合的な研究がなされている。一連の論文で、Turner et al³⁾は交易の間接的環境負荷を評価するために地域間産業連関表(以下、IO)を用いたEFの推定法に関して、また、Wiedmann et al⁴⁾はこの方法に関するレビューを行っている。

著者ら⁵⁾⁶⁾も地域間交易の効果を考慮した各産業別のEFを算出するために、IOを用いたEFを算出した。しかしこれらの研究では、全国を大きく9地域に分割したレベルで算出されており、小さな地域レベルでの計画を策定するための判断材料としてのEFは算出されていない。対象地域をスケールダウンさせるにつれて、交易の影響は大きくなるであろう。そこで、本研究では、北海道を対象地として、これを6地域に分割した地域生活経済圏におけるEFを、地域間産業連関分析によって算出する。そして、産業連関分析によって得られた結果とともに、EFに着目した地域圏間交易構造を明らかにすることを目的とする。

2. EF の概要

EF は、1991 年に「収奪された環境収容力(Appropriated Carrying Capacity, ACC)^{7,8)}」として提唱されたのが元になる概念であり、1992 年に EF という用語を初めて用いた論文⁹⁾が発表された。加えて、1996 年発表の「Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth」¹⁰⁾が初めての包括的な書籍となった。

EF は生態学(ecology)と足跡(footprint)を組み合わせた造語で、消費資源の量を、平均的な生物学的生産力をもつ土地の面積に換算し、人間が生きていくために必要な 1 人あたり地球面積を算出した数値の名称である。つまり、人間の生活を支えるのに、どれだけ生物学的に生産可能な土地・水域が必要かを面積であらわした数値である。農作物を生産するのに必要な耕作地面積、魚介類の消費は漁場の面積、エネルギー源として石油などを燃焼させ、排出した二酸化炭素の吸収に必要な森林面積などから算出され、EF の土地区分と関連する産業は表- 1 で対応している。なお、我が国の慣例として、日本標準産業分類における第 3 次産業に「電気・ガス業」が含まれるため、サービス産業と限定していないことを留意しておく。

地球上に存在する生産可能な土地（水域）面積（環境容量）と比較することにより、経済活動が水土の再生供給能力とバランスがとれているかを判断することができる。ここでの環境容量の定義とは、「生態系や人間の生活環境を悪化させずに、人間生活が維持できる環境を保障するための人間活動の許容量」であり、本研究では実際に生産に用いることが可能な面積とする。

EF が発表されて約 20 年がたった現在、様々な改良がなされて来た。国ごとに異なる土地生産性を補正するための「収量ファクター¹¹⁾」、土地カテゴリーごとの生産性を補正する「等価ファクター¹²⁾」等が導入されて来た。これらのファクターにより、グローバルヘクタール(gha)¹³⁾が導入され、国際間比較が容易になった。グローバルフットプリントネットワークによりグローバルヘクタールを単位として国別の EF が毎年作られる¹⁴⁾など、EF は環境負荷を示す指標として広く使われるようになった。

我が国における EF の取り組みに関しては、2006 年に第 3 次環境基本計画¹⁵⁾が閣議決定され、「環境の状況等を端的に表した指標」として、「環境容量の占有量を示すエコロジカル・フットプリントの考え方による指標」が盛り込まれた。しかし、環境基本計画の点検等において活用するためには、早期に算定の細目・体制を確立していく必要があるなどの課題があるのが現状である。

表- 1 土地区分番号 e

e	土地区分	概要	関連する産業
1	耕作地	食物、動物飼料、穀物、植物油およびゴムなどの作物を育てるための面積	第1次産業
2	牧草地	肉や乳製品、皮革、羊毛などを消費するための動物に草を食べさせるための面積	
3	森林地	木材製品を算出するために必要な森林面積	
4	海洋淡水域	魚類および海産物を生産するために必要な面積	
5	生産能力阻害地	工業生産を提供するための面積	第2次産業
6	エネルギー地	エネルギー産業・サービス産業などから排出される二酸化炭素吸収に必要な面積	第3次産業

3. 地域間産業連関分析

(1) 地域間産業連関表の概要

地域間産業連関表は地域間の交易構造を明示したものである。地域内産業連関表では 1 つの地域に着目していたが、地域間産業連関表は多くの地域との取引をまとめたものである。地域内産業連関表では移輸出入でまとめられていたが、さらに輸出入と移出入という項目に分割しているのが大きな違いである。

移出入とは、北海道を「地域生活経済圏」に区分することから起こる概念で、移入とは「他地域の生産物が自地域に搬入され消費されともの」と考えることができ、移出はこの逆である。実際は、輸出入を通じての国内分業と、道内の地域間交易における移出入を通じての地域分業とでは大きく異なる。一般に地域間表における移入（出）の割合は、地域内表における輸入（出）に比べて格段に大きくなる。

例えば、北海道開発局作成の 6 地域間表によると、2003 年の 6 地域平均移入率（地域内需要に対する移入の割合）は 52.5% に対して、輸入率は 36.1% であるため、1.5 倍程度の差があることがわかる。地域内産業連関分析⁹⁾において、輸入面積の生産効率はその地域と同じ EF 原単位でと仮定していることから、生産効率が同じとなっているため、適切な輸入面積が把握できないという課題点があった。しかし、地域間産業連関分析を用いると、地域別の生産効率の違いが把握できると同時に、地域内産業連関表における移輸出入面積の内の約 6 割が地域間産業連関表では移出入面積として把握することができる。したがって、産業連関分析においては移入を考慮する必要があると考えられる。

(2) 式の概要

地域間産業連関分析による EF 算出モデルは、EF の土地区分 e かつ地域 r における産業 i の EF を算出する式として、筆者ら⁹⁾の式(1)を用いる。このモデルは、地域内産業連関表によるモデル⁹⁾を R 個の地域 r, s に分割しているため、地域間の生産効率の違いも考慮している。

$$EF_{cir} = (\varepsilon_{cir} X_{ir} + \varepsilon_{cir} M_{ir} - \varepsilon_{cir} Ex_{ir} - \sum_{j=1}^N \sum_{s=1}^R \varepsilon_{cirs} X_{ijrs} + \sum_{k=1}^N \sum_{s=1}^R \varepsilon_{ckrs} X_{kirs}) / POP_r \quad (1)$$

EF_{cir} : 土地区分 e かつ地域 r における産業 i の EF

ε_{cir} : 土地区分 e かつ地域 r における産業 i の EF 原単位

X_{ir} : 地域 r における産業 i の生産額

M_{ir} : 地域 r における産業 i の輸入額

Ex_{ir} : 地域 r における産業 i の輸出額

X_{ijrs} : 地域 r における産業 i から地域 s における産業 j への取引額

POP_r : 地域 r の人口[人]

N : 産業数

R : 地域数

(3) 原単位の推計方法

産業連関分析によって、各産業の EF 原単位を算出するにあたり、各産業が、直接・間接的に利用する生産面積の和は、総生産に内包される生産面積と等しい関係から、福田ら¹⁴⁾の式(2)を参考に用いる。

$$E_{cir} + \sum_{k=1}^N \sum_{t=1}^R \varepsilon_{ckt} (1 - m_{kt}) X_{kjts} = \varepsilon_{cir} X_{ir} \quad (2)$$

E_{cir} : 土地区分 e ・地域 r における産業 i の直接利用面積

m_{kt} : 地域 t における産業 k の輸入係数

この分析で用いているのは競争輸入方式の産業連関表であり、取引額には国内財と輸入財とが含まれている。しかし、本研究では国内生産面積と海外生産面積とを分けて分析するため、取引額から輸入財分を控除する必要がある。ここでは輸入額が国内総需要（中間需要＋最終需要）に比例し、各取引に一定の割合で含まれていると仮定して、式(3)のように輸入係数を計算している。

$$m_{ir} = \frac{M_{ir}}{\sum_{j=1}^N \sum_{s=1}^R X_{ijrs} + F(D)_{ir}} \quad (3)$$

$F(D)_{ir}$: 地域 r における産業 i の最終需要

式(2)はある地域 r における産業 i の生産面積利用についてのものであるが、これを全産業について連立させて行列計算を行うと式(4)で示されるように EF 原単位 ε （面積／金額）を得ることができる。本研究では原単位に内包される土地区分を把握するために産業区分と土地区分からなる行列を直接利用面積行列として導入する。

$$\varepsilon = E' \hat{X}^{-1} \left(I - (I - \hat{M}) X \hat{X}^{-1} \right)^{-1} \quad (4)$$

ε : EF 原単位行列

E : 直接利用行列

$\hat{X}$: 生産額を成分とする対角行列

X : 中間投入行列

I : 単位行列

$\hat{M}$: 輸入係数を成分とする対角行列

t : 行列の転置操作

4. EF の推計

(1) 使用データ

EF の土地区分番号 e は提唱者 Wackemagel¹⁰⁾の区分に準じ、表-1 に示す。それぞれに対応した 2003 年度の面積データを以下に示す。

- ・耕作地・牧草地：「農林業センサス」¹⁵⁾（北海道企画振興部地域振興・計画局統計課）の作付面積
- ・森林地：「北海道林業統計」¹⁶⁾（北海道水産林務部）の伐採面積
- ・生産能力阻害地：「工業用地・工業用水産業中分類統計表」¹⁷⁾（経済産業省）の敷地面積
- ・鉱業：「本邦鉱業のすう勢」¹⁸⁾（経済産業省）の採掘面積

我が国の第 3 次産業の面積データは、産業レベルでは公表されていないのが現状であり、データの入手は困難である。そこで、本研究では、独自に第 3 次産業をエネルギー地として適用した。

エネルギー地は Wackernagel ら¹⁰⁾が新たに創設した土地の区分で、世界資源研究所 (WRI) の区分が反映されている。第3次産業は他産業とは異なり、面積よりもエネルギー消費を考慮しなければならないことに由来する。たとえば、商業は都市に集積し、狭い土地面積で高収益を得る。輸送も営業所の面積を考えるよりも、輸送によるエネルギー消費を考慮したほうが直感的にも理にかなう。つまり、農業や鉱業とは異なり、第3次産業は土地面積よりも生産に必要なエネルギー等を考慮するのが適切であると考えられる。加えて、本研究で用いる産業連関分析⁹⁾は、各産業間における全ての取引を考慮して消費した EF を算出しているため、農業、林業、漁業などのすべての産業活動によって排出されている二酸化炭素は、電気・ガス・水道産業で発生したエネルギーを購入することとなる。したがって、エネルギー地は産業間取引で購入したこととなるため、取引のある全ての産業に計上され、他の土地カテゴリーも同様のことが言える。以上の理由から、第3次産業におけるエネルギー地は実面積よりも、エネルギーベースの面積を用いることとした。

エネルギーベースの面積を算出するにあたり以上の理由と第3次産業の土地利用面積データが公表されていないため、本研究ではエネルギー地と海洋淡水域の面積は「産業連関表による二酸化炭素排出原単位」¹⁹⁾に報告されている各産業の CO₂ 排出原単位を金額に掛け合わせて CO₂ 排出量を算出した。なお、本研究で用いている CO₂ 排出原単位は算出当時では最新であった 1995 年ベースの産業連関表を基に算出されていることを留意しておく。得られた各産業の CO₂ 排出量を 1ha あたりの森林における二酸化炭素吸収量で除し、CO₂ 換算面積という仮想面積で表すこととした。本研究では、住友林業²⁰⁾の社有林 40,496ha が約 27.8 万 t-C の CO₂ を吸収していることを参考に、算出した吸収量である 7t-C/ha を用いる。なお、単位面積あたりの CO₂ を吸収量は、算出方法や地域特性によって異なるが、本研究ではこの値を用いた。加えて、参考データは 2008 年 12 月現在のものであり、随時更新されていることを留意しておく。森林の地域特性を考慮したエネルギー地の面積算出においては、各地域における森林の単位面積当たりの CO₂ 吸収量を用いるという課題があるが、本研究での地域スケールではそれらを算出するのに必要なデータが存在しないため、やむを得ずこの数値を用いた。

なお、海洋淡水域は漁獲された魚を養うのに必要とされた植物プランクトンの量「必要一次生産量(Primary Production Required, PPR)」を単位面積当たりの生産性で除

表- 2 産業番号*i*と土地区分番号*e*

1. 耕作地		2. 牧草地	
01	農業	02	畜産
3. 森林地		4. 海洋淡水域	
03	林業	04	漁業
5. 生産能力阻害地			
05	鉱業	14	石油・石炭製品
06	と畜・肉・酪農品	15	皮革・ゴム
07	水産食料品	16	窯業・土石製品
08	その他の食料品	17	鉄鋼製品
09	繊維	18	非鉄金属一次製品
10	製材・家具	19	金属製品
11	パルプ・紙	20	機械
12	出版・印刷	21	その他の製造品
13	化学製品		
6. エネルギー地			
22	建築	28	運輸・通信・放送
23	建設補修	29	公務
24	土木	30	公共サービス
25	電力・ガス・水道	31	サービス業
26	商業	32	事務用品
27	金融・保険・不動産	33	分類不明

表- 3 地域区分番号*r*

地域番号 <i>r</i>	地域生活経済圏区分	対象支区分
1	道央圏	石狩・後志・空知・胆振・日高
2	道南圏	渡島・檜山
3	道北圏	上川・留萌・宗谷
4	オホーツク圏	網走
5	十勝圏	十勝
6	釧路・根室圏	釧路・根室

表- 4 地域生活経済圏の概要

	人口[人]	面積[km ²]	生産額[100万円]		
			第1次産業	第2次産業	第3次産業
道央圏	3,427,224	22,914	434,958	5,393,494	14,168,303
道南圏	501,319	6,566	120,348	917,006	1,800,867
道北圏	677,917	17,923	246,011	1,006,550	2,493,118
オホーツク圏	328,404	10,690	294,195	676,159	1,232,703
十勝圏	354,318	10,831	337,205	638,635	1,360,214
釧路・根室圏	352,347	9,495	265,371	829,052	1,283,266

することによって算出する方法²⁰⁾も提案されているが、本研究での地域スケールではそれらを算出するのに必要なデータが存在しないため、エネルギー地と同様に CO₂ 換算面積という仮想面積で表すこととした。ちなみに、エネルギー地と同様の面積算出方法ではあるが、海洋淡水域として区別するため、便宜的に海洋淡水域と置き換えていることを留意しておく。

本研究での地域間産業連関表は北海道開発局編の 2003 年基本表 33 分類を用いた。産業番号*i*とそれに対応した土地区分番号*e*を表- 2 に示す。

(2) 地域生活経済圏

国土の 5 分の 1 という広い面積を持つ北海道は、異なった気候・風上や歴史の中で、農林水産業や地域の資源を生かした様々な産業により特色のある発展をしてきた地域から成り立っている。こうしたことから、道内の均

衡ある発展を図ることを目的として、北海道を6地域に分割して政策立案しており（表- 3 参照），本研究でもこの6地域分割を採用する．各地域生活経済圏の概要を表- 4に示す．

(3) 原単位の推計

式(4)によって，EF 原単位を推計した．推計した原単位は，6つの土地区分別で算出されており，エネルギー地の原単位に着目すると，図- 1に示されるように，産業間での生産効率の違いが把握できる．さらには図- 2の耕作地の原単位に関しては，「01.農業」・「08.その他の食料品」において経済圏域間の生産効率の違いも把握することができる．同様の相違は，他の4つの土地区分でも把握することができた．同じ道内でありながら，地域圏というスケールでとらえることによって，地域性というものが明確に現れている．

(4) EF の推計

得られた原単位と，式(1)より各産業の内生消費と地域間の生産効率を考慮した消費活動における EF を算出し表- 5に示し，各土地区分の割合を表したものを図- 3に示す．

負荷率は，EF の合計値を環境容量で除したものであると定義し，それが1以下であれば余力があるといえ，EF の概念を通して持続可能であると判断できるとする（表- 5）．本研究での環境容量とは，一人当たりが保有している生産可能な面積と定義し，4.(1)で用いた各地域別の面積（実際に生産に用いられている面積）をそれぞれの人口で除したものをを用いた．

既往の研究¹⁾²⁾では都道府県別・地域別に算出すると，北海道が唯一の余力のある地域であった．実際に北海道は広大な土地と自然を保有しており，道外に多くの食料等を供給していることから理にかなっている．

5. EF の地域圏間交易構造

(1)地域圏間交易構造の概要

地域間産業連関分析を EF 算出に適用する長所として，各地域間の EF の結びつきの強さが把握できる点が挙げられる．つまり，ある地域の EF はどの地域からやってくるのかを把握することによって，他地域圏との金額ベースではない視点から見た貿易の不均衡が交易構造として理解できる．

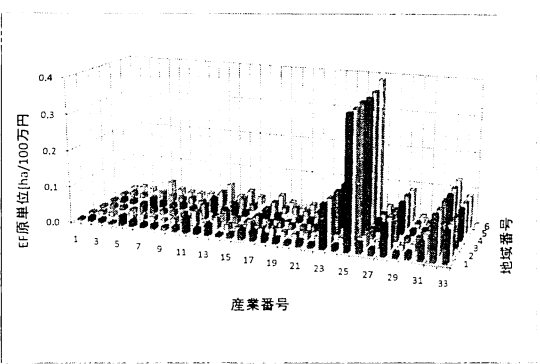


図- 1 EF原単位（エネルギー地）

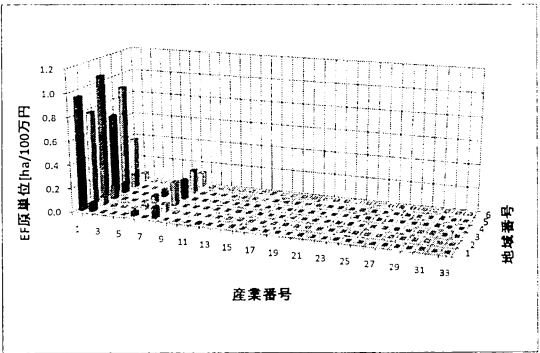


図- 2 EF原単位（耕作地）

表- 5 6地域別の負荷率

[ha/人]	道央圏	道南圏	道北圏	オホーツク圏	十勝圏	釧路・根室圏	北海道全体
耕作地	0.104	0.105	0.164	0.248	0.358	0.185	0.100
牧草地	0.031	0.038	0.111	0.176	0.185	0.384	0.127
森林地	0.030	0.038	0.052	0.084	0.064	0.064	0.036
海洋淡水域	0.006	0.029	0.012	0.024	0.005	0.044	0.017
生産能力阻害地	0.201	0.056	0.062	0.168	0.043	0.195	0.011
エネルギー地	0.251	0.234	0.222	0.251	0.250	0.271	0.330
EF合計	0.62	0.50	0.62	0.95	0.91	1.14	0.62
環境容量	0.67	1.31	2.64	3.26	3.06	2.69	1.38
負荷率	0.93	0.38	0.24	0.29	0.30	0.42	0.45

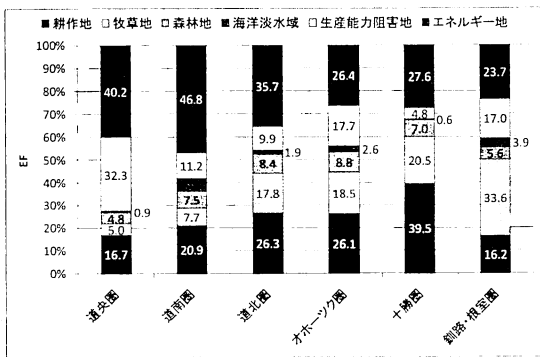


図- 3 6地域別の EF

(2)地域圏間交易構造の推計結果

道内の依存関係を把握するために、6地域圏間のEFの交易構造を算出したものを図-4に示す。図中の輸出入のEFは20分の1の大きさを表している。なお、地域圏間の交易構造であるため、EFの単位はそれぞれの地域圏の人口を掛け合わせてある。つまり、地域圏全体の面積(ha)となっている。

この図はEFの移出面積と移入面積の大きさを示しており、基点側の幅が移出面積、終点側の幅が移入面積の大きさに対応している。例えば道央圏から道北圏への交易に着目すると、エネルギー地以外は道北からの移入のほうが大きいと認識できる。道央圏の輸出入に関しても、生産能力阻害地は輸入よりも輸出のほうが大きいことが見てわかる。

6. 考察

(1)地域生活経済圏の特性に関して

表-5より道内6地域別で算出した結果、全ての地域で余力があることがわかった。参考として、北海道全体

のEF⁹⁾も同表中に示す。道央圏の負荷率が他地域と比べて1に近い。表-4も参照すると、道央圏は道内人口の約3分の1を占める札幌市や工業都市である室蘭市・苫小牧市を有していることから、生産能力阻害地・エネルギー地の占める割合が高くなったと考えられる。今後も人口が集中と言われているので、EFの観点からでは、道央圏のみが持続可能ではなくなる危険性ははらんでいることが把握できる。道南圏では、函館市を中心とした水産業が海洋淡水域のEFを大きくさせたと考えられる。十勝圏で耕作地が高くなっているのは道内屈指の農業地帯であるからだと考えられる。同様に、釧路・根室圏では酪農・水産・鉱業が盛んであることが影響していると考えられる。つまり、EFの土地区分による違いによって地域性があるということがわかった。

表-5における各地域におけるエネルギー地のEFが、北海道全体のものよりも低くなっている。このことは、6地域圏別と北海道全体のそれぞれのEFを算出するのに用いた原単位の違いによるものだと考えられる。このように、原単位の違いはEFの算出結果に大きな影響を及ぼす。

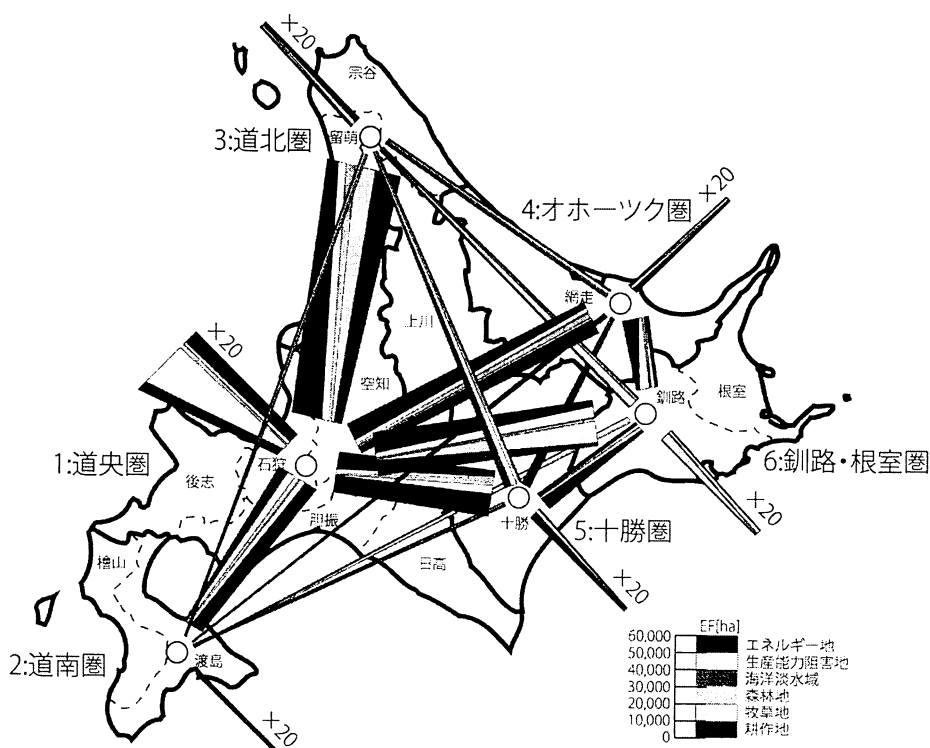


図-4 EFの交易構造

(2) 交易構造に関して

移出入に関しては、道央圏を中心とした他圏域への強い結びつきが把握できる。特に、道北圏との結びつきが強い。これは、道央の札幌市をはじめとした主要都市が、道北圏の旭川などの各経済圏における主要都市との交易が盛んに行われているためだと考えられる。

輸出入に関しては、道央圏以外は収支が輸出型である。道央圏に着目すると、「生産能力阻害地」のみが輸入型であるため、第2次産業関連の輸入が多いことが把握できる。道央圏には、苫小牧・室蘭をはじめとした道内有数の工業地域を有しているため、この土地区分が極端に大きくなったのだと考えられる。

EFの土地区分に着目すると、道央圏から他の生活経済圏へは「エネルギー地」の移出が多いので、第3次産業関連を他地域へ提供していることが把握できる。各地域圏の移出入総面積の収支に着目すると、移出側・移入側ともに同じくらいの大きさであることから、EFにおける地域圏間の補完関係があるのではないのかと考えられる。即ち、道央圏から「第3次産業関連」を提供し、その他の地域圏からは「第1次産業関連」を提供するという関係があると考えられる。具体的には、釧路・根

室圏からは乳製品(牧草地)、十勝圏からは農作物(耕作地)、道北圏からは木材(森林地)と乳製品(牧草地)と農作物(耕作地)を道央圏へ移出している。つまり、これが地域性が反映されているといえる。

(3) 金額ベースによる交易構造との違い

本研究では、EFベースでの地域圏間交易構造を分析したが、金額ベースでの地域圏間交易構造との違いに関しても言及する必要がある。なぜなら、産業連関分析によって算出されたEFが産業連関表のキャッシュフローと違う傾向を示さなければ、金額ベースとは異なる指標とはならないからである。

そこで、6地域間の金額の移出入を算出したものを図-5に示す。この図は、各産業番号を表-2の土地区分番号に対応させ、式(1)と同様の手順でEF原単位を1とすることによって地域間の移出入(キャッシュフロー)を金額ベースで算出したものである。

金額ベースでは、どの移出入においても「エネルギー地」と「生産能力阻害地」の割合が大きく、道央圏に一極集中していることがはっきりと把握でき、EFのような地域圏間の補完関係は隠れてしまう。EFは土地面積

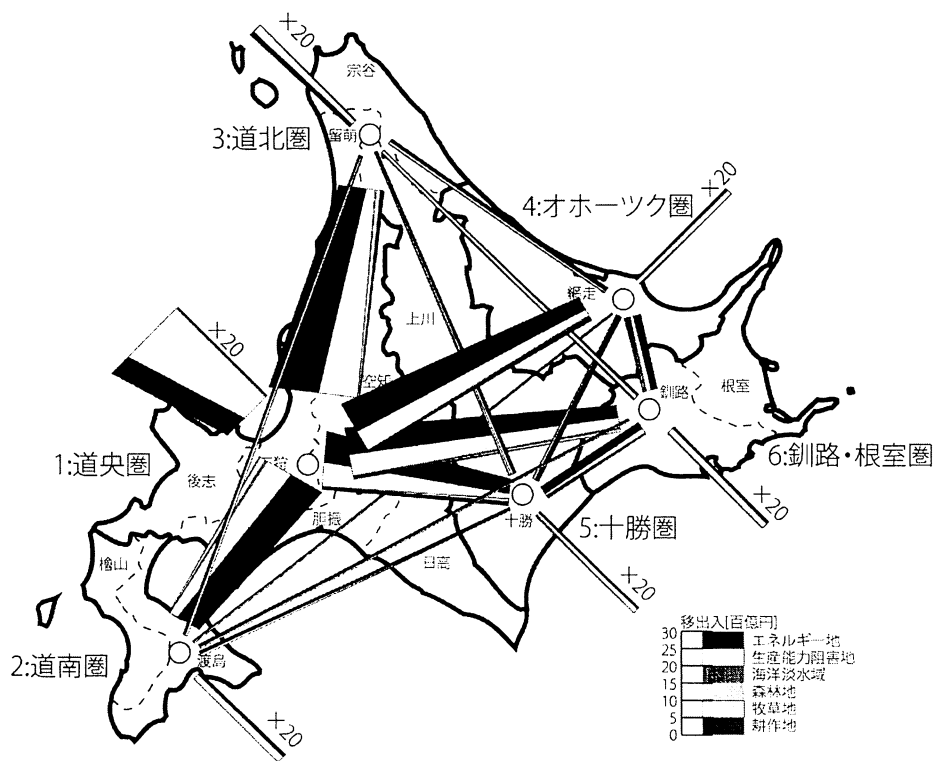


図-5 金額ベースでの交易構造

ベースで算出されているため、面積当たり生産効率の低い「第1次産業関連」は、面積当たり生産効率の高い「第2次産業関連」「第3次産業関連」によって隠れてしまうからであろう。

7. 本研究の成果と課題

(1) 本研究の成果

本研究は、環境指標の1つであるEFを地域間産業連関分析によって、地域間の交易構造を提示した。

推計されたEF原単位は、道内6地域圏の生産効率の違いを反映していることが示された。そこから算出されたEFによって、全ての地域圏で余力があることがわかった。しかし、道央圏の負荷率が1に近いことから、道央圏のみが持続可能ではなくなる危険性をはらんでいることが示された。

EFの交易構造に関しては、道央圏を中心とした他圏への強い結びつきが示された。加えて、道央圏から「第3次産業関連」のEFを提供し、その他の地域圏からは「第1次産業関連」のEFを提供するという補完関係が示された。道央圏と他の生活経済圏との関係は、2極化していることが問題視されている。しかし、EFの概念では、道央圏から「第3次産業関連」を提供し、その他の地域圏からは「第1次産業関連」を提供するという関係があると考えられる。

(2) 今後の課題

今後の課題として、これらの手法を政策に反映させるための可能性を探らなければならない。

地域圏間でEFを算出することによって、どこに余力があるのかを把握することができ、産業立地などの地域計画策定のための政策提言への判断材料となることも考えられる。

加えて、移出入構造を把握した消費ベースのEFを算出できたことにより、環境負荷は生産者ではなく消費先が責任を持たなければならないことに行き着く。このことから、国際産業連関分析に発展させることによって、発展途上国で発生する環境負荷を輸出先の国が責任を負うという政策も提言できる。

謝辞：有用なコメントを頂いた、早稲田大学齊藤修博士 大阪大学上須道徳博士に感謝いたします。本論文の一部は科学技術振興調整費(戦略的拠点育成)の事業、北海道

大学担当分である「持続的生物生産圏の構築と地域ガバナンス」の一環として行われたものである。最後に、有益なコメントを頂いた匿名の査読者に感謝いたします。

参考文献

- 1) 谷口守, 阿部宏史, 重兼薫: エコロジカルフットプリントに基づく都道府県別超過環境負荷の算出, 地域学研究論文集, 34(1), pp.23-36, 2004.
- 2) 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.
- 3) Turner, K., Lenzen, M., Wiedmann, T., and Barrett J. Examining the Global Environmental Impact of Regional Consumption Activities – Part 1: A Technical Note on Combining Input-Output and Ecological Footprint Analysis, *Ecological Economics*, Vol. 62, pp. 37-44, 2007
- 4) Wiedmann, T., Lenzen, M., Turner, K. and Barrett, J. Examining the Global Environmental Impact of Regional Consumption Activities – Part 2: Review of Input-Output Models for the Assessment of Environmental Impacts Embodied in Trade, *Ecological Economics*, Vol. 61, pp. 15-26, 2007
- 5) 余川雅彦, 加賀屋誠一, 内田賢悦: エコロジカル・フットプリント算出のための産業連関分析に関する研究, 都市計画論文集, No.41-3, pp.199-204, 2006.
- 6) 余川雅彦, 加賀屋誠一, 内田賢悦: 地域間産業連関表を用いたエコロジカル・フットプリント算出に関する研究, 地域学研究, Vol.38, No.4, pp.939-952, 2008.
- 7) Wackemagel, M.: Land Use: Measuring a Community's Appropriated Carrying Capacity as an Indicator for Sustainability, *Report I & II to the UBC Task Force on Healthy and Sustainable Communities*, Vancouver, 1991.
- 8) Wackemagel, M.: Using Appropriated Carrying Capacity as an Indicator, Measuring the Sustainability of a Community, *Report I & II to the UBC Task Force on Healthy and Sustainable Communities*, Vancouver, 1991.
- 9) Rees, W.E.: Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out, *Environment and Urbanization*, Vol.4, No.2, pp.121-130, 1992.
- 10) Wackemagel, M. and, Rees, W.E.: *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, 1995.
- 11) サステナビリティの科学的基礎に関する調査プロジェクト事務局: 「サステナビリティの科学的基礎に関する調査報告書」, <<http://www.sos2006.jp/houkoku/pdf/all.pdf>>
- 12) WWF, Living Planet Report 2008, <http://www.wwf.or.jp/activity/lib/lpr/wwf_lpr_2008.pdf>
- 13) 環境省総合環境政策局環境計画課: 「環境基本計画」,

- <http://www.env.go.jp/policy/kihon_keikaku/index.html>
- 14) 福田篤志, 森杉雅史, 井村秀文: 日本のエコロジカルフットプリント—土地資源に着手した環境指標に関する研究—, 環境システム研究論文集, Vol.29, pp.197-206, 2001.
- 15) 北海道企画振興部地域振興・計画局統計課: 「農林業センサス」, <<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sk/tuk/026caf/index.htm>>
- 16) 北海道水産林務部: 「北海道林業統計」, <<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sum/kcs/rin-toukei/18tk.htm>>
- 17) 経済産業省: 「工業用地・工業用水産業中分類統計表」, <<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/index.html>>
- 18) 経済産業省: 「本邦鉱業のすう勢」, <<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/honpouko/index.html>>
- 19) 近藤美則, 森口祐一, “産業連関表による二酸化炭素排出原単位”, 独立行政法人 国立環境研究所 地球環境研究センター, 2000.
- 20) 住友林業: 「住友林業- まなびの森 | 森のちから」, <http://sfc.jp/information/manabi/01_03.html> (参照: 2008/12/25)
- 21) Pauly, D. and V.Christensen :Primary production required to sustain global fisheries, Nature 374, pp.255-257, 1995.

ECOLOGICAL FOOTPRINT TRADING ANALYSIS IN HOKKAIDO, JAPAN, BASED ON A MULTI-REGIONAL I/O TABLE

Masahiko YOKAWA, Nobuyuki TSUJI, Seiichi KAGAYA

We studied trading structures between six regions in Hokkaido, Japan, by ecological footprint (EF) derived from multi-regional I/O analyses. The estimated specific productivities were reflected by productivity differences between regions. The areas in all regions were no larger than the total sum of EF. The derived EF trading structure showed tight complementary relationships between the central and other regions, that is, the EF of the central region is related to the tertiary industries of the 5 other regions, and the EF of the 5 other regions is related to the primary industries of the central region. The EF derived from a multi-regional I/O table showed different characters that included productivity efficiency between regions and industries.