

# ハイブリッド型環境勘定とエコロジカル・フットプリントによる北海道の持続可能性評価※

山 本 充\*  
高 橋 義 文\*\*  
林 岳\*\*\*

## はじめに

地方自治体が持続可能な地域管理を適切に行うためには、地域経済と環境との相互関係を網羅的に把握し、産業活動の環境対策や環境調和型の消費生活などを支援する効果的な環境政策を講じる必要がある。本研究では、北海道地域を対象として貨幣単位による経済勘定と、物量単位による環境勘定を統合したハイブリッド型の地域（メゾ）環境勘定の試算を行い、北海道の持続可能性の評価を試みた。また、環境勘定においては、単位の異なる環境負荷を総合化するため環境負荷をエコロジカル・フットプリントに換算し、さらには農業の多面的機能を環境便益として取り入れた。その結果、1995年から2000年にかけて持続可能な方向性は持つものの北海道経済の持続可能性は低く、その要因として温室効果ガスの排出量の増加とエネルギー資源の採取が大きなものであることが明確となった。

---

※本研究は、平成17～19年度日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究(C)）、研究課題「メゾ環境勘定とマイクロ環境会計による農林水産業の循環型地域経営の評価に関する研究（課題番号17580286）」の助成を得たものである。

\* 小樽商科大学大学院商学研究科

\*\* 北星学園大学経済学部

\*\*\* 農林水産省農林水産政策研究所

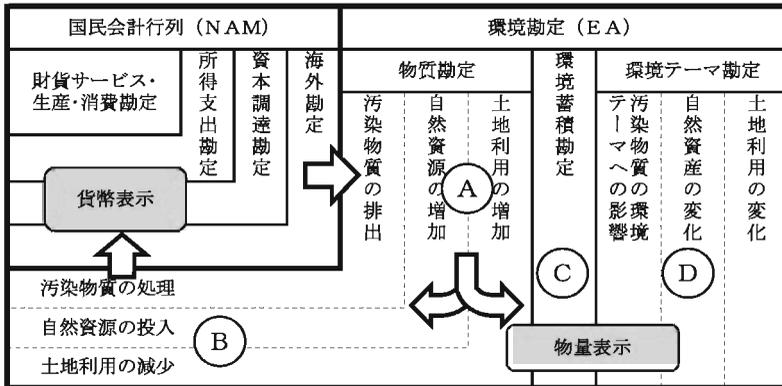
## 1. ハイブリッド型環境勘定のフレームワーク

マクロ環境勘定には、1993年のSNA改訂時にサテライト勘定として国際連合が提唱した環境・経済統合勘定体系（System for Integrated Environmental and Economic Accounting：以下SEEA）がある。SEEAは環境データとして物量表を持つが、統合表は環境データを貨幣換算して経済データと併記する貨幣表となっている。一方、オランダでは環境データを物量情報として経済勘定とリンクする形態の環境勘定を含む国民勘定行列（National Accounting Matrix including Environmental Accounts：以下NAMEA）と呼ばれる環境勘定システムが開発された。NAMEAは、経済勘定は貨幣情報、環境勘定は物量情報で記帳されるハイブリッド型の環境勘定である。NAMEAは、オランダではフロー情報だけを記帳する形態を取っているが、ストック情報も記帳することが可能である。

SEEAの改訂作業においてもNAMEAのフレームワークを採用したハイブリッドフロー勘定がマクロ環境勘定の中心的な存在になっており、わが国で試算されたハイブリッド型統合勘定でもNAMEAのフレームワークを採用し、わが国に合わせた改良を行っている。本研究で採用するハイブリッド型環境勘定もNAMEAのフレームワークを基本としている。

図1は、ハイブリッド型環境勘定のフレームワークを示している。左上には国民勘定行列が貨幣表示で記帳され、経済循環が表される。その周囲には、物量表示の環境勘定が配置され、環境勘定は物質勘定、環境蓄積勘定および環境テーマ勘定の3つの勘定で構成されている。

物質勘定の図中Aの部分では、経済活動に伴い排出された汚染物質や廃棄物、エネルギー資源や水資源などの自然資源の増加、および土地利用の変化が物量で記帳される。これらの内、経済活動で使用された資源や処理された汚染物質がBの部分に記帳される。経済活動に使用されない物質は環境中へ排出され蓄積されることとなり、これがCの環境蓄積勘定に記帳される。Dの環境テーマ勘定では、環境蓄積勘定に計上された環境負荷を地球温暖化や酸性化、富栄養



- A：国内及び海外部門による国内環境への負荷と、国内部門による海外自然資源の復元
- B：国内環境から国内及び海外部門へのフローと、輸入による海外自然資源の減少
- C：国内環境への蓄積と海外自然資源の変化
- D：環境問題別の影響度

図1 ハイブリッド型環境勘定のフレームワーク

化などの環境問題毎にまとめられ、会計期間中の経済活動の環境問題への影響を表現する構造となっている。

本研究では、北海道地域の基幹産業である農林業の環境面での貢献を明示するため、物質勘定では農林業の多面的機能のうち、CO<sub>2</sub>と大気汚染物質の削減量、水資源の涵養量を明示するように改良した。また、環境テーマ勘定では、エコロジカル・フットプリントを用いて環境負荷の総合化を行った。

## 2. ハイブリッド型環境勘定の推計結果

推計は1995年と2000年の2時点について行った。

### 2-1 経済勘定

表1には2000年の道民勘定行列を示した。2000年の道内総生産は対1995年比で約0.3%の増加の約20兆2,739億円であるが、1997年以降は減少傾向にあり、名目では1999年以降、実質でも2001年以降マイナス成長となっている。産業で

表1 道民勘定行列 (上表: 2000年, 下表: 1995年)

勘定 (分類)	財貨・サービ ス		生産活動勘定 その他		最終消費勘定	所得発生勘定	所得の分 配・使用勘	税勘定	資本調達勘定		道外勘定	
	1	2a	2b	その他					蓄積活動	非金融資産		
財貨・サービ ス勘定	1	640,184	13,412,701		3	4	5	6	7	8	9	10
農林業 勘定	2a	1,164,327			16,199,445					5,217,145	5,048,515	
その他 勘定	3	33,229,853										
最終消費勘定	3				道内							
所得発生勘定	4					15,292,577						
所得の分配・使用勘定	5						16,199,445	2,599,101				
税勘定	6	-67,405					1,400,598					
資本調達 勘定	7	-1,198,904					3,293,284		1,423,006			1,232,550
非金融資産 勘定	8											
経常取引 勘定	9	7,390,119					257,531					
資本取引 勘定	10								1,903,924			-671,374

(注) 表中「」は推計困難なため記載されていない項目である。

勘定 (分類)	財貨・サービ ス		生産活動勘定 その他		最終消費勘定	所得発生勘定	所得の分 配・使用勘	税勘定	資本調達勘定		道外勘定	
	1	2a	2b	その他					蓄積活動	非金融資産		
財貨・サービ ス勘定	1	615,280	13,786,562		3	4	5	6	7	8	9	10
農林業 勘定	2a	1,271,633			15,384,442					6,395,648	5,049,887	
その他 勘定	3	33,381,025										
最終消費勘定	3				道内							
所得発生勘定	4	687,952	18,504,048			15,843,839	15,484,442					
所得の分配・使用勘定	5						1,425,282	2,440,179				10,090
税勘定	6	-43,919					3,913,888					
資本調達 勘定	7	-863,029					3,037,397					1,325,375
非金融資産 勘定	8											
経常取引 勘定	9	7,586,109					335,842					
資本取引 勘定	10								1,338,837			-13,462

(注) 表中「」は推計困難なため記載されていない項目である。

は、農業のシェアが0.5%減少し、林業は0.2%の減少、建設業では2.4%減少である。一方で、サービス業は2.0%の増加、不動産業では0.7%の増加など経済のソフト化が進展している。

支出面では、民間最終消費支出は増加しているが、総資本形成は民間需要、公的需要ともに減少している。道民所得も減少傾向が継続しており、全国平均との差が開きつつあり、北海道経済は、厳しい状況が続いている。

## 2-2 環境勘定

### (1) 物質勘定

表2及び表3に2000年の物質勘定を示した。物質勘定は温室効果ガス6種類、酸性化原因物質2種類、水質汚濁物質3種類、廃棄物の排出量（最終処分別）と再生利用量、自然資源はエネルギー資源3種類と水資源、森林資源を取り上げ、土地利用は6種類に分類して24項目について記帳している。

自然資源と土地利用については、資源量と土地利用面積の変化量を記帳している。また、CO<sub>2</sub>と酸性化原因物質については、森林や農作物による吸収量を、水資源については森林や水田の水資源涵養量を明示するようになっている。具体的には、これらの吸収量は非金融資産である森林や作物によるものであるが、農林業の生産活動とこれらの機能は不可分であることから農林業の生産活動の行に移行して計上している。

#### ① 温室効果ガス

温室効果ガス3種（CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>）は、エネルギー消費量の増加傾向に比例して1992年以降増加傾向にある。北海道における2000年の温室効果ガスの総排出量は約82,701万トン（GWP：Global Warming Potential 換算）であり、対1995年で約8%の増加となっている。道民一人当たりの排出量は1995年13.5トン、2000年14.6トンであり、全国平均の1.37倍（2000年）と多い。部門別では産業部門が減少傾向にあるが、民生と運輸部門の排出量が増加傾向にある。森林によるCO<sub>2</sub>吸収量は森林蓄積量の増加により増えており、2000年ではCO<sub>2</sub>排出量の約19%（1,435万トン）を農林業の多面的機能







により削減できるものとなっている。

## ② 酸性化

酸性化原因物質 2 種 ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ) は、いずれも減少しており、2000年の  $\text{NO}_x$  排出量は75,271トンと対1995年で7.5%の減少、 $\text{SO}_2$ 排出量は30,283トンと対1995年で12.8%の減少となっている。これら酸性化原因物質の農作物による吸収量は  $\text{NO}_x$  が5,715トン、 $\text{SO}_2$ が9,255トンであり、それぞれ排出量の7.5%、30.6%を農林業の多面的機能により削減できるものとなっている。

## ③ 水質汚濁

水質汚濁物質 3 種 (T-N, T-P, COD) は、いずれも減少しており、2000年の T-N 排出量は1,760トンと対1995年で24%の減少、T-P 排出量は31,261トンと対1995年で5.6%の減少、COD は30,938トンと対1995年で12.6%の減少となっている。

## ④ 廃棄物

2000年の廃棄物の排出量は、一般廃棄物が282万トンと対1995年で10.8%の減少となっているが、産業廃棄物は3,716万トンと対1995年で6%の増加となっている(表2)。排出量のうち中間処理され減量化された量が表3の廃棄物最終処分行(11l)に記帳されている。一方、廃棄物の再生利用量は増加しており一般廃棄物処理では18万トンと対1995年で78.8%の増加、産業廃棄物処理では1,895万トンと対1995年で38.6%の増加がみられ、資源循環の進展がうかがわれる。再利用率は、表3の廃棄物再利用行(11m)において資源化された廃棄物の再利用部門に帰属させて記帳されている。

## ⑤ 自然資源

エネルギー資源 3 種(天然ガス、原油、石炭)の確認埋蔵量の変化は無く、表3において道内資源の利用量と海外資源の利用量が記帳されている。

北海道においては天然ガスと石油資源の生産が増大しており、2000年では天然ガスが11,939万 $\text{m}^3$ 、原油が111,711klと大幅な増大が見られるが、海外資源の利用量は減少しておらずエネルギー消費の拡大が示されている。

森林資源については成長量が2000年で1,317万 $m^3$ と対1995年で3.3%の増加がみられ、表3では林業による森林資源の採取量と海外の森林資源の使用量が記帳されており、資源利用量は減少している。

水資源については資源量が確認できないため、表2では農林業による水資源涵養量を42,827 $m^3$ を記帳している。表3では、上水、工業用水、農業用水の使用量が記帳されており、若干の水利用量の増加が見られる。

#### ⑥ 土地利用

土地利用については、前年からの土地利用面積の変化量を記帳しており、2000年では農用地が9,300ha減少、森林・原野が9,000ha増加、水面・河川・水路が9,100ha増加、道路2,000ha増加、宅地が800haの増加となっている(表2)。

### (2) 環境蓄積勘定

表4には2000年の環境蓄積勘定と環境テーマ勘定を示した。環境蓄積勘定では、最終的に環境中へ排出された汚染物質の量や自然資源の変化量が、土地利用については物質勘定と同様に前年との変化量が記帳されている。

温室効果ガスや酸性化原因物質などの汚染物質は、農林業の多面的機能による吸収量を控除した値が記帳されている。汚染物質は $CO_2$ と $N_2O$ の蓄積量が増加しているが、その他の蓄積量は減少している。自然資源の蓄積量は、増加量から使用量を控除した値が記帳され、負値は資源減少量を正値が蓄積量を示している。自然資源は、石炭生産以外は使用量の増加がみられ、エネルギー資源の使用量の増加が著しい。

### (3) 環境テーマ勘定

環境テーマ勘定では14の環境テーマに従い環境負荷をまとめている。地球温暖化についてはGWP(地球温暖化ポテンシャル)、酸性化についてはAEQ(Acidification Equivalent: 酸性化等価量)、富栄養化についてはEEQ(Eutrophication Equivalent: 富栄養化等価量)により総合化されている。な

表 4 環境蓄積勘定と環境テーマ勘定(1) (2000年)

勘定 (分類)	環境蓄積勘定		環境テーマ勘定										エコロジ カル・ フット プリント										
	海内蓄積 への影響 (国内環境への負荷)	単位	地表的環境		自然資源の減少			土地利用 (用途別)															
			X1	X2	酸性化	富栄養化	汚染排水	廃棄物	エネルギー資源	森林資源	水資源	農用地		森林・原野	水路	水田・畑	遊路	宅地	その他				
物質																							
汚染物質																							
酸性化																							
温暖化																							
水質																							
廃棄物																							
エネルギー資源																							
森林資源																							
水資源																							
農用地																							
森林・原野																							
水田・河川・水路																							
遊路																							
宅地																							
その他土地																							
合計																							

(注1) 表中「-」は推計困難なため記載されていない項目である。  
 (注2) 表中「0」は二重計算を回避するため参考値として計上し集計していない。

2000年



お、土地利用については、期首と期末の利用区分ごとの土地利用面積をストックとして記帳している。

### 2-3 デカップリング指標の算定

以上のハイブリッド型環境勘定の試算結果から、エネルギー利用の増加が北海道の環境負荷を増加させる要因であることがうかがえる。しかし、持続可能な条件としてはより少ない環境負荷の下で経済発展させることが必要となっている。そこで、経済的効用と環境的不効用の関連を切り離すことを意味するデカップリング概念を適用したデカップリング指標の算定を行い、北海道の状況を見てみることにする。

デカップリングの実現は、経済的駆動力（DF：Driving Force）の増加率に比べ、環境負荷（EP：Environmental Pressure）の増加率が小さいことで示される。そこで、期首と期末のDFとEPのデータから次式で表されるデカップリング指標を算定する。

$$\text{デカップリング指標} = \frac{(\text{EP}/\text{DF})_{\text{期末}}}{(\text{EP}/\text{DF})_{\text{期首}}}$$

指標値が1未満であればデカップリングが実現して持続可能性の視点から望ましいと判断でき、1以上の場合は望ましくないと判断できる。DFとしては実質化した道内総生産をデータとして使用し、1995年を期首、2000年を期末として1995-2000年間の北海道の持続可能性を評価する。デカップリング指標は地球温暖化、酸性化、富栄養化、廃棄物および土地利用の5つの環境テーマについて算定した。EPについては、温室効果ではGWP、酸性化ではAEQ、富栄養化ではEEQ、廃棄物では最終処分量、土地利用については道路と宅地面積を使用した。算定結果を表5に示す。

デカップリング指標が1以上となったのは温室効果と土地利用である。廃棄物については再生利用の拡大により最終処分量が大幅に減少したためデカップリングが実現し望ましいと判断される。

表5 デカップリング指標

年	GRP	EF	DI
1995	20,180,194	97,077	0.712
2000	19,887,030	68,163	
温室効果			
年	GRP	GWP	DI
1995	20,180,194	68,740	1.014
2000	19,887,030	68,664	
酸性化			
年	GRP	AEQ	DI
1995	20,180,194	78,275	0.904
2000	19,887,030	69,716	
富栄養化			
年	GRP	EEQ	DI
1995	20,180,194	20,988	0.895
2000	19,887,030	18,516	
廃棄物			
年	GRP	最終処分	DI
1995	20,180,194	4,226	0.675
2000	19,887,030	2,812	
土地利用			
年	GRP	宅地	DI
1995	20,180,194	276	1.070
2000	19,887,030	291	

GRP：道内総生産

EF：エコロジカル・フットプリント

DI：デカップリング指標

GWP：地球温暖化ポテンシャル

AEQ：酸性化等価係数

EEQ：富栄養化等価係数

### 3. エコロジカル・フットプリントによる環境負荷の総合化

環境テーマ勘定では、環境テーマごとに負荷が総合化されるものの、地域全体としての総合的な環境負荷を表現することが難しい。そこで本研究では、エコロジカル・フットプリントの概念を適用して環境負荷を面積換算して総合化することを試みた。

エコロジカル・フットプリントは、M. WackenagelとW. E. Rees [3]により開発された指標で、ある人間社会の物質的な生活水準（物的消費量）を一般的な技術により永続的に維持するために必要となる（陸地と水域の）面積に

より表されるものである。ある地域に必要とされる生物生産力のある土地面積（エコロジカル・フットプリント）が実際に利用可能な面積より大きい場合には、その地域の消費生活が持続不可能な状態にあると判断される。

表4の環境テーマ勘定の右側に汚染物質等の環境影響を面積換算したエコロジカル・フットプリントを記帳した。本研究では、寒冷地である北海道を対象としているためエコロジカル・フットプリント化を行う際に、森林によるCO<sub>2</sub>吸収量については世界平均を使用せず、スカンジナビア、カナダ、ロシアなどの寒冷地域の森林によるCO<sub>2</sub>吸収量を適用した。このため、世界平均よりも0.3~0.17の割合まで森林機能が低下するため世界平均を使用したエコロジカル・フットプリントよりも大きな値となる。

エコロジカル・フットプリントは、森林・原野および水面・河川・水路を除外した期末の土地利用面積と土地利用の変化量のエコロジカル・フットプリントを除外して算定した。また廃棄物の最終処分量については現在稼働中の最終処分場面積を使用した。なお、温室効果ガスのフロン類についてはエコロジカル・フットプリント換算が困難であるので除外している。

算定の結果、2000年の北海道のエコロジカル・フットプリントは6,816万haと北海道の総面積の約8.7倍となり、道民一人あたりでは12.0haとなる。1995年では道民一人あたりでは17.1haであり、エコロジカル・フットプリントは縮小している。しかしながら、WWF[5]によると世界平均のエコロジカル・フットプリントは2001年では1.9ha/人であり、日本のエコロジカル・フットプリントは2000年で4.7ha/人、1995年では4.2ha/人と世界平均を上回っており、寒冷地である北海道はさらに大きなフットプリントを残していることとなる。

このエコロジカル・フットプリントと実質化した道内総生産を使用してデカップリング指標を算定すると0.712となり、全体的には望ましい方向に北海道は進展していると考えられる。

## ま と め

エコロジカル・フットプリントとハイブリッド型環境勘定を用いて北海道経済の環境的持続可能性を評価した結果、総体的には北海道経済は持続可能な方向に進展していると評価された。しかしながら、北海道の地域経済社会の物的消費は持続不可能な状態である。とりわけ、エネルギー消費量の低減と利用形態の改善がさらに求められると示唆できる。

広大な面積の積雪寒冷地である北海道では、暖房用エネルギーや運輸用エネルギーなどの消費量削減は経済活動に影響するが、近年注目されているバイオマス資源を活用したエネルギー資源の開発・利用の促進により自然資源のストック量を維持しながら効果的なエネルギー転換が必要と思われる。また、工業製品を中心とした移入品を、環境負荷の少ない技術によるリサイクル事業により循環させることも有効と思われる。

## 【参考文献】

- [1] T. Hayashi, Y. Takahashi, M. Yamamoto (2005) "Developing an indicator for environment improvement potential in the agricultural sector" Contributed paper for presentation at the International Association of Agricultural Economists Conference, Gold Coast, Australia, August 12-18, 2006
- [2] 北海道(2005)「平成17年度温室効果ガス排出量実態調査」
- [3] M. Wackenagel, W. E. Rees (1996) "OUR ECOLOGICAL FOOTPRINT" New Society Publisher (邦訳: 和田喜彦監訳『エコロジカル・フットプリント』合同出版)
- [4] 内閣府(2004)「SEEAの改訂等にもなう環境経済勘定の再構築に関する研究」
- [5] WWF (2004) "Living Planet Report 2004"
- [6] 山本充 (2002)「NAMEA フレームワーク」『小樽商科大学商学討究』第52巻 第4号, pp.165~187
- [7] 山本充 (2004)「北海道 NAMEA の試算」『草地生態系の物質循環機能を考慮した酪農の持続的生産体系と LCA 分析』平成13~15年度日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B)2), 課題番号13460093, 研究代表: 出村克彦 研究報告書, pp.69~112