

環境評価に資する包括的指標の作成

増田 清敬

生物資源管理学科

1. はじめに

環境評価を行うにあたり、何を指標とするべきなのかは議論が分かれるところである。とはいえ、評価する側からすれば、その指標が複雑で多岐にわたっているよりも、わかりやすく単一である方が望ましいのは明らかである。本稿では、環境評価の指標としてよく用いられている環境効率概念を取り上げ、環境効率における包括的な単一指標の作成方法を紹介したい。

2. 包括的な環境効率の計測方法

環境効率は、1992年にWorld Business Council for Sustainable Developmentによって導入された概念である (Verfaillie and Bidwell, 2000)。資源の効率的利用および環境負荷の排出低減とともに経済的な繁栄を達成するために、経済的・環境的に持続可能な発展に向けた指標として、ビジネス界は環境効率を広く活用してきた (Verfaillie and Bidwell, 2000)。環境効率は、経済的指標と環境的指標を統合する概念であり、「環境影響単位当たりの製品あるいはサービスの価値」として定義される (Verfaillie and Bidwell, 2000)。従来の環境効率は、例えば、エネルギー消費、資材消費、水消費、地球温暖化、オゾン層破壊などの環境影響ごとに算出される (Verfaillie and Bidwell, 2000)。上記の定義に基づいた環境効率を数式で表すと、(1)式となる (Verfaillie and Bidwell, 2000)。

環境対策の実施において、ある問題に対処した

$$\text{環境効率} = \frac{\text{製品あるいはサービスの価値}}{\text{環境影響}} \quad (1)$$

結果、別の問題が悪化するというようなトレードオフが発生することがある。このことは、環境対策の評価者が、複数ある環境効率指標の中からどの指標を重視するのかが、環境評価における結論が異なってくる可能性があることを示唆している。したがって、環境評価においては、それぞれの環境影響を何らかの方法で統合することによって、包括的な単一指標を作成することが望ましい。環

境影響を単一化した包括的な環境効率を数式で表すと、(2)式となる (Kuosmanen and Kortelainen, 2005)。

複数の環境影響を統合するという観点から、製品の環境影響を総合的に評価する手法であるライフサイクルアセスメント (LCA) において、重み付けという方法が提案されている (Guinée, 2002)。LCAにおける重み付けとは、複数の環境影響をそれぞれの相対的な重要性にしたがって、単一の環境指標に統合する方法である (Guinée, 2002)。ただし、それぞれの環境影響における相対的な重要性、すなわちウェイトは、金銭的価値や何らかの基準、あるいは専門家パネルなどによって決められた主観的な価値判断に基づいており、客観性に欠けるという問題が指摘されている (Guinée, 2002; Kuosmanen and Kortelainen, 2005)。

そこで、Kuosmanen and Kortelainen (2005) は、包絡分析法 (DEA) を用いて複数の環境影響を統合した包括的な環境効率指標を作成することを提案した。DEAは線形計画法を用いて効率スコアを算出する手法であり、ベンチマークとなるサンプルに対してウェイトが数学的に決定される特徴を持つ (Cooper et al., 2007; Kuosmanen and Kortelainen, 2005)。それゆえに、DEAベースの包括的な環境効率は、環境影響間の代替可能性を考慮したものであり、かつ、主観的な価値判断から独立したものとなる (Kuosmanen and Kortelainen, 2005)。

3. ケーススタディ

Masuda (2016) をケーススタディとして、DEAを用いて包括的な環境効率を作成した場合と作成しなかった場合で、どのように評価が異なりうるかを示したい。Masuda (2016) は、わが国の小麦生産を北海道田作、都府県田作、北海道畑作、都府県畑作の4つのシステムに区分し、地球温暖化と富栄養化を統合したDEA環境効率を用いて比較評価した。表1は各システムにおける小麦生産の環境効率スコアを示したものである。これらを

$$\text{包括的な環境効率} = \frac{\text{製品あるいはサービスの価値}}{\text{ウェイト}_1 \times \text{環境影響}_1 + \text{ウェイト}_2 \times \text{環境影響}_2 + \dots + \text{ウェイト}_n \times \text{環境影響}_n} \quad (2)$$

表1 小麦生産における環境効率スコア

	北海道田作	都府県田作	北海道畑作	都府県畑作
地球温暖化 (kgCO ₂ eq/ha/年)	3305	2545	2896	2410
富栄養化 (kgPO ₄ eq/ha/年)	20.7	7.0	26.6	5.9
収量 (kg/ha/年)	3448	3533	4568	2974
地球温暖化ベースの環境効率	1.0	1.4	1.6	1.2
富栄養化ベースの環境効率	166.6	504.7	171.7	504.1
DEA環境効率	0.554	0.787	0.840	0.725

注：Masuda (2016) の結果より引用。ただし、各環境影響ベースの環境効率は、地球温暖化または富栄養化単位当たりの小麦収量として求めた。

算出するためのデータセットや分析手続きなどの解説については省略するが、詳細はMasuda (2016) を参照して頂きたい。

もし環境影響ごとの環境効率が統合されないならば、我々は地球温暖化ベースの環境効率と富栄養化ベースの環境効率の両方を比較して、どのシステムがベストなのかを決めなくてはならない。地球温暖化ベースの環境効率スコアは、北海道畑作 (1.6) > 都府県田作 (1.4) > 都府県畑作 (1.2) > 北海道田作 (1.0) の順に高くなっている。一方で、富栄養化ベースの環境効率スコアは、都府県田作 (504.7) > 都府県畑作 (504.1) > 北海道畑作 (171.7) > 北海道田作 (166.6) の順に高くなっている。いずれの環境効率においても北海道田作が最下位であるので、わが国の小麦生産システムにおいて、北海道田作が環境効率の観点からワーストであるというのは妥当である。しかしながら、どのシステムがベストなのかというのは意見が分かれるに違いない。世界的に影響を及ぼす地球温暖化問題を重視する評価者は北海道畑作が環境効率的にベストだと主張するだろうし、逆に、生活環境に対する影響度が大きい富栄養化問題を重視する評価者は都府県田作が環境効率的にベストだと主張するだろう。

そこで、地球温暖化と富栄養化を統合して計算されたDEA環境効率スコアを見てみよう。そのスコアの順番は、北海道畑作 (0.840) > 都府県田作 (0.787) > 都府県畑作 (0.725) > 北海道田作 (0.554) である。このように単一化された包括的指標を用いれば、評価者が誰であったとしても、その価値観にかかわらず、最も環境効率的なわが国の小麦生産システムは北海道畑作であるという一致した見解を得ることができる。

以上で示したように、DEAは、主観的な価値判断を排除しながら環境評価における優劣の判断を

容易にする単一化された包括的な環境効率指標の提示を可能にする。環境効率分析にDEAを適用した研究は、近年、海外で盛んに行われるようになった。わが国においても、今後の研究事例の蓄積が期待される。

引用文献

Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K., 2007. Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, second ed. Springer, New York.

Guinee, J.B. (Ed.), 2002. Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Kuosmanen, T., Kortelainen, M., 2005. Measuring eco-efficiency of production with data envelopment analysis. J. Ind. Ecol. 9, 59-72.

Masuda, K., 2016. Measuring eco-efficiency of wheat production in Japan: A combined application of life cycle assessment and data envelopment analysis. J. Clean. Prod. 126, 373-381.

Verfaillie, H.A., Bidwell, R., 2000. Measuring Eco-Efficiency: A Guide to Reporting Company Performance. World Business Council for Sustainable Development, Geneva.