

新エネルギーを含めたエネルギーフローの現状とその持続性評価

Sustainability indicators for the energy flow considering new energy

天野 耕二* ○海老原 美里**
Koji AMANO* Misato EBIHARA**

1. はじめに

近年、我が国のエネルギー需給構造は、環境側面への取り組みなどにより変化しつつある。経済発展に伴うエネルギー需要の増加が予想される反面、いっそうの省エネルギー効果が求められ、また、自然エネルギーや廃熱利用など新エネルギーの導入拡大も期待されている。このような状況の下で、我々は、経済成長と、資源・エネルギー問題、環境問題のいわゆるトリレンマを克服し、持続可能な社会の構築を目指すことが国際的コンセンサスとなっている。

本研究では、新エネルギーを含めたエネルギー需給構造を総合的な評価対象となるエネルギーフローとして地域別に捉え、その持続可能性を評価し得る指標の提案を試みる。

2. 新エネルギーを含めたエネルギーフロー

我が国のエネルギーフロー¹⁾を検討する際、新エネルギーの取り扱いに留意する必要がある。本研究では、新エネルギーのうち、経済活動に伴い発生する廃熱や廃棄物の有効利用によるエネルギーをリサイクルエネルギーと定義し、1次エネルギーに分類される自然エネルギー等と区別する(図1)。自然エネルギーや廃熱などの新エネルギーは、空間的・時間的な制約が大きいいため、地域別にエネルギーフローを捉えた上でその持続性を評価する必要がある。

《供給サイド》			《需要サイド》	
供給エネルギー	1次エネルギー	化石燃料	石油	消費エネルギー
			石炭	
			天然ガス	
		自然エネルギー等	新エネ等	
			水力・地熱	
供給エネルギー	1次エネルギー	原子力	原子力	転換ロス・送電ロス等
		リサイクルエネルギー	廃棄物・廃材等	

図1 エネルギー需給構造の概略

3 新エネルギーを含めたエネルギー需給における持続可能性の評価指標

エネルギー需給における持続性を検討する際、環境側面を考慮した様々な要素が考えられる。自然エネルギーの導入効果、廃熱利用や廃棄物発電、バイオマスなど、現在の経済活動に伴い発生している未利用エネルギーの有効利用、科学技術の発展によるエネルギー変換効率や送電効率の向上、省エネルギーの進展などである。このような4つの観点に基づいた評価指標を以下のように定義してみる。

環境負荷 / 1次エネルギー

これは、1次エネルギー産出あたりの環境負荷排出量を表す。この比率は、1次エネルギー源の構成比率に大きく依存し、非化石燃料(原子力、自然エネルギー等)の導入や化石燃料の削減あるいは石油・石炭燃料の天然ガスによる代替などによって値が小さくなる。

1次エネルギー / 供給エネルギー

これは、総供給エネルギーにおける1次エネルギー投入比率を表し、リサイクルエネルギーの導入効果を示す。天然資源投入によるエネルギー(1次エネルギー)利用を減らし、様々な経済活動により副次的に発生するエネルギー(リサイクルエネルギー)利用を増大することにより、この値は小さくなる。このようなリサイクルエネルギーについて、需要サイドから発生し供給サイドへフィードバックするエネルギーフローとして評価すると、国や地域経済領域において、エネルギーの循環の度合を表す指標と捉えることもできる。

供給エネルギー / 消費エネルギー

これは、エネルギーの変換あるいは輸送に関わる効率を表し、科学技術の発展によるエネルギー転換ロスや送電ロスの削減効

* 立命館大学理工学部 Department of Environmental Engineering, Ritsumeikan Univ.

** 立命館大学大学院理工学研究科 Graduate School of Environmental Engineering, Ritsumeikan Univ.

果を示す。とともにエネルギーの有効利用を評価する指標の1つと言えるが、は1以下の値でより小さい方向を目指し、は1以上の値で理想的には1に近い値を目指すことになる。

消費エネルギー / GDP

これは、マクロ的な省エネルギーの指標として一般に広く用いられている比率である。一定の財やサービスを産出するために消費するエネルギー量を示しており、マクロ的な省エネルギー効果、さらには国や地域ごとの産業構造とエネルギー消費実態の関係なども反映する指標と言える。

ここで、茅の式²⁾を参考に上記の4つの指標を次式のような恒等式に適用してみる。

$$\text{環境負荷} = \frac{\text{環境負荷}}{\text{一次エネルギー}} \times \frac{\text{一次エネルギー}}{\text{供給エネルギー}} \times \frac{\text{供給エネルギー}}{\text{消費エネルギー}} \times \frac{\text{消費エネルギー}}{\text{GDP}} \times \text{GDP}$$

上式より、経済成長(GDP)を維持しつつ、環境負荷を減少させていくためには、～で定義した4つの項を各々減少させていくことが目指すべき方向であることがわかる。ゆえに、指標～は、持続可能な社会構築に向けた、エネルギー需給における持続性評価の体系を表しうると考える。

4. 二酸化炭素排出量を対象とした検討事例

エネルギー需給にともなう環境負荷量のひとつとして二酸化炭素排出量に着目し、先に述べた指標～を試算した結果を表1に示す。対象地域は日本全体、対象年度は1990年および1995年、使用データは産業連関表による環境負荷原単位³⁾、総合エネルギー統計¹⁾、国民経済計算である。

ただし、表1における二酸化炭素排出量とは、直接消費エネルギーに伴い発生する二酸化炭素量を算出しており、エネルギー利用をライフサイクルで捉えた結果ではない。ライフサイクルを考慮した試算結果は発表時に報告したい。また、エネルギー需給にともなう環境負荷として、二酸化炭素排出量のほかに、NOx、SOx、SPM等を試算する予定である。

表1より、指標の変化率がマイナスになっているが、これは、自然エネルギー等の導入促

表1 エネルギー需給における持続可能性の評価(二酸化炭素排出量の場合)

		1990年	1995年	変化率(%)
CO ₂ 排出量 [t-C]	C	3.04 × 10 ⁸	3.32 × 10 ⁸	9.4
1次エネルギー [TOE]	E ₁	3.91 × 10 ⁸	4.36 × 10 ⁸	11.3
供給エネルギー [TOE]	E ₂	4.06 × 10 ⁸	4.52 × 10 ⁸	11.3
消費エネルギー [TOE]	E ₃	3.23 × 10 ⁸	3.59 × 10 ⁸	11.1
GDP [百万円]	GDP	4.69 × 10 ⁸	5.03 × 10 ⁸	7.0
C / E ₁ [t-C/TOE]		0.78	0.76	-1.7
E ₁ / E ₂		0.96	0.96	0.1
E ₂ / E ₃		1.26	1.26	0.1
E ₃ / GDP [TOE/百万円]		0.69	0.71	3.8

進による効果よりも、原子力および天然ガスの増加による影響が大きかった。また、1990年から1995年にかけてリサイクルエネルギーの利用が増加していたにもかかわらず、の変化率が0.1%と微増になっている。これは、リサイクルエネルギーの増加率以上に、1次エネルギー増加率が大きかったためであった。

全体として、エネルギー需給に伴う二酸化炭素排出量抑制への効果はみられたが、エネルギー循環、さらに持続可能な社会構築へ向けた取り組みは期待されたほどは進んでいないと解釈できる。

5. おわりに

本報告では、日本全国を対象に試算した結果を示したが、地域間産業連関表などを利用することにより地域別および産業別にエネルギーフローを把握することが可能となる。これにより、空間的・時間的な制約が大きい自然エネルギーやコージェネレーションシステム等の分散型電源の導入効果を地域単位で評価することができる。また、どの地域のどの産業にリサイクルエネルギーとして利用可能な未利用エネルギーがあるのかも推定できる。さらに、推定された未利用エネルギーを有効利用した場合の環境側面を評価する指標としても、本報告で提案した持続性評価体系が応用可能と考える。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁、「総合エネルギー統計」平成12年度版
- 2) 茅陽一、「地球環境問題と経済発展」,計測と制御, Vol. 29(7), 1990年
- 3) 南齋規ら,「産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)-LCAのインベントリデータとして-」,独立行政法人 国立環境研究所, 2002年