

根本的なエネルギー効率向上の必要性とその見通し

1. 必要性

温室効果ガスの増大による気候変動問題、エネルギー需要の増大によるエネルギー価格の上昇、原子力発電の事故等を背景に、従来の化石燃料や原子力を中心としたエネルギー供給システムを風力や太陽光など再生可能エネルギーに転換していく動きが世界的に広がっている。

しかしながら、再生可能エネルギーは技術的、費用的にも従来のエネルギーに比べると一般に市場における競争力が弱いこともあり、その実現には長期的な目標と的確な政策による継続的な努力が不可欠である。その際、現在のエネルギー構造を単純に化石燃料や原子力から再生可能エネルギーに置き換えるのではなく、如何にして各分野におけるエネルギー効率を改善し、エネルギー需給の総量を抑えていけるかが、その成功の鍵となる。

何故なら、エネルギー効率の向上は、エネルギー使用によって生み出される財やサービスの水準を落とすことなく、エネルギーの使用量を削減することができるため、人々の満足感を損なうことなく、再生可能エネルギー導入の効果を温室効果ガスの排出削減や経済基盤の強化により容易につなげやすくなるからである。

エネルギー効率の向上には、技術開発や普及、社会的システムの変革、そして人々のライフスタイルの変化など、さまざまな条件を整える必要があり、同時に経済の中で競争力を持つ形で進めていく必要がある。それはもとより容易なことではないが、近年の研究などにより、決して不可能ではないことが明らかになってきている。

2. 見通し

(1) 研究目的

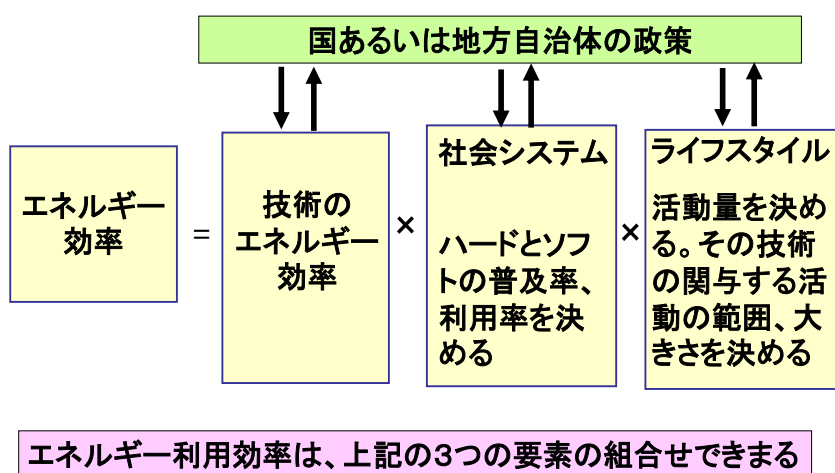
京都大学では、上記のような観点から、2008年に開始されたGCOEプログラム「地球温暖化時代のエネルギー科学拠点」の一環として、日本における資源・エネルギーの根本的改善可能性についての推計を試みた。具体的には、2050年ごろの日本における効率向上について、二つのシナリオ（既存技術の利用による改善、及び、将来技術の利用を含めた改善の現実的な上限）の定量化を目的とした。また、そのようなエネルギー効率向上のための政策についても検討した。

(2) エネルギー効率改善にかかる要素

エネルギーの効率改善は、もとより技術に負うところが大きいですが、決してそれのみで決ま

るわけではなく、それを普及させる社会システムやエネルギー消費にかかわるライフスタイルや価値観などにもよっても大きく変わってくる。その概念図を図1に示す。技術の例としては、例えば、建物の断熱化、電球型蛍光灯やLED照明、インバーター制御モーター、ハイブリッドカーなどがある。また社会システムの効率向上の例としては、建築物の断熱基準や環境税などがある。さらにライフスタイルや価値観に関しては、小型自動車やカーシェアリングの選好シフトやクールビズ、ウォームビズの定着などがあげられる。

図1. エネルギー効率改善の概念図



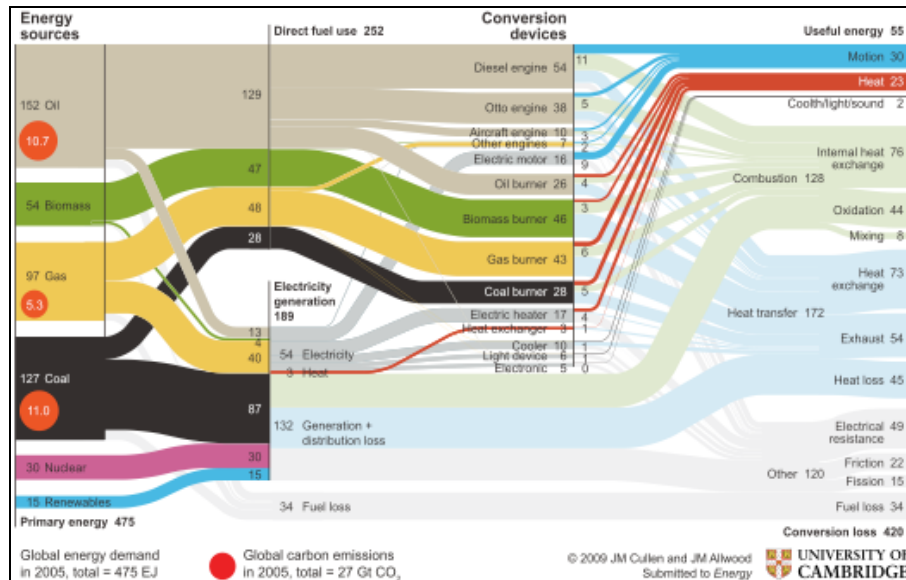
3

(3) 効率改善の上限の検討

図2は、ケンブリッジ大学のJ. アルウッドらによる世界のエネルギーがどれほど生産され、そのうちどれほどが最終用途で実際に利用されているかを推計したフロー図である。それによると、消費段階で有効に利用されているエネルギーは11%に過ぎず、残りは排熱等として捨てられているのが現状である。

図 2 エネルギーの利用と損失 出典:Efficiency limit of global Energy flow

(Cullen and Allwood 2010)



アルウッドらは、上記の現状を踏まえ、効率向上の限界がどのあたりにあるかを以下のような分野に分けて評価した。ここでは、エネルギーの利用は、エネルギー変換とパッシブシステムの 2 段階を想定している。エネルギー変換とは、燃料を電気に、電気を光、動力、熱に変換することを指す。また、パッシブシステムとは、サービスを生み出すために最終用途段階において、エネルギーを保持すること、損失をできるだけ小さくすることを指す。

① エネルギー変換段階はエクセルギーで評価

発電効率の評価、高温熱から低温熱利用について検討

② 最終用途段階では、パッシブシステムによる評価

建物における暖冷房、電気製品、自動車などそれぞれ検討

③ 材料資源の徹底的なリサイクルを評価

鉄鋼、銅、アルミなど材料資源の設計方法の改善、3 R (リデュース、リユース、リサイクル) の徹底した利用を検討

④ 企業の生産活動における効率改善を評価

熱の多段階利用、電子制御による効率の高い動力利用、流体機器の運転制御などについて検討

以上のような検討を経て、アルウッドらは、パッシブシステムにおけるエネルギー効率

の上限を以下のように推計した。

表 1

パッシブシステムの エネルギー効率の現実的上限

最終用途	設計ポイント	削減可能性
家庭 暖冷房	断熱壁、断熱ガラス、室内熱容量	98~100%
温水	必要な時だけ利用、熱回収、低温化	80%
家電製品	冷蔵庫、冷凍庫、洗濯機、皿洗い機、衣類乾燥機	67%
照明	局所照明	95%
工場 工業炉	壁面からの損失、換気損失、熱容量	62%
蒸気システム	壁面からの損失、配送損失、熱容量	66%
動力システム	ポンプ、材料処理、圧縮空気、ファンなど	59%

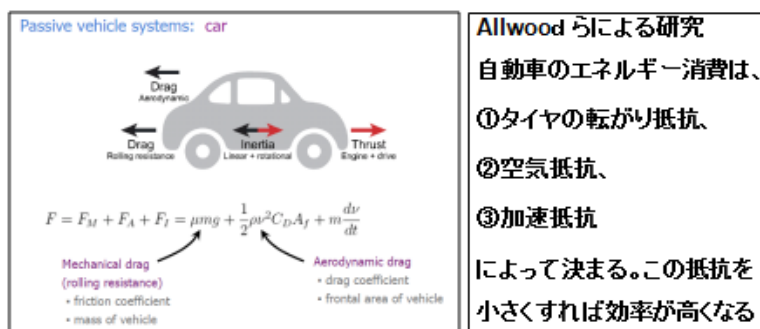
各最終用途のパッシブシステムを工学モデルにより推定した削減可能性を示す。
(Cullen and Allwood, 2010)

8

具体的な一例として、アルウッドらは、自動車の平均的な自動車のエネルギー削減ポテンシャルは 91%と推計している。自動車重量は軽い新素材により現在の 1300 キロから 300 キロにまで低減させることが可能であり、タイヤの転がり抵抗や空気抵抗も大きく低減させることが可能であることを工学モデルにより示した。

図 3

パッシブシステム：自動車のエネルギー効率の上限の事例



Allwood らによる研究
 自動車のエネルギー消費は、
 ①タイヤの転がり抵抗、
 ②空気抵抗、
 ③加速抵抗
 によって決まる。この抵抗を
 小さくすれば効率が高くなる

現状からの改善可能性

重量: 1300kg → 300kg、転がり抵抗: 0.015 → 0.001
 空気抵抗係数: 0.4 → 0.1、投影面積 2m² → 1.5m²
 削減ポテンシャル: 91% (9倍の効率向上余地あり) ¹⁰

これらの情報を現状の世界のエネルギー消費について整理したのが次の表である。

表2 グローバルなパッシブシステムの効率向上の可能性

	省エネ率	効率化後割合	現在のエネルギー需要	エネルギー削減量	現在の二酸化炭素排出量	二酸化炭素削減量
	%	%	EJ	EJ	GtCO2	GtCO2
暖房スペース	98	2	72	71	3.3	3.3
家電製品	67	33	88	59	4.1	2.8
炉	62	38	67	42	4.0	2.5
自動車	91	9	40	37	2.8	2.6
動力システム	59	41	56	33	3.3	1.9
トラック	54	46	28	20	2.6	1.4
蒸気システム	66	34	31	20	2.0	1.3
給湯システム	80	20	23	18	1.1	0.9
照明スペース	95	5	18	17	1.1	1.0
冷房スペース	100	0	14	14	0.8	0.8
船舶	63	37	10	6	0.7	0.4
鉄道	57	43	8	5	0.5	0.4
航空	46	54	11	5	0.8	0.3
建物	83	17	215	179	10.5	8.8
工場	62	38	154	95	9.3	5.7
乗り物	70	30	106	74	7.3	5.1
合計	73	27	475	347	27.1	19.6

(効率化後割合 = 100% - 省エネ率)

(4) 日本における 2050 年のエネルギー効率の改善可能性推計

一方、日本における 2050 年時点におけるエネルギー効率改善の可能性を推計するため、社会の各分野におけるエネルギー効率改善に資する要素について定性的な整理を行うとともに、一定の分野について定量的な検討を行った。その結果に、上記のアルウッドらの研究によるエネルギー最終用途にかかる各分野におけるそれぞれのエネルギー効率改善の現実的な上限の推計結果も参考にして、日本における資源・エネルギーの 2050 年時点での改善

可能性について推計した結果が以下の表である。

表3 日本の可能性:シナリオ1とシナリオ2

2008年の日本のエネルギー最終用途(産業+家庭+業務+輸送)について、2050年頃の効率向上によるエネルギー消費の削減ポテンシャルを二つのシナリオを用いて検討した。ただし、経済成長、人口減少などは考慮していない。

シナリオ	概要	エネルギー最終用途の消費の削減ポテンシャル(計算結果)
シナリオ1	既知の各種のエネルギー利用効率の改善(BAT)を適用し、部門間の複合効率改善(余剰食料防止、紙の電子化、石油輸送の減少など)を加えて計算	60.8%に削減
シナリオ2	パンプシステムの工学モデルを参考に、最終用途の実現可能なエネルギー効率の上限を計算	26.9%に削減

BAT: Best Available Technology (現在までに既知の最良の技術)

11

また、エネルギー効率改善に資する政策の一覧は以下のとおりである。

エネルギー効率改善政策の検討

政策	エネルギー機器効率	社会効率(ハード)	社会効率(ソフト)	ライフスタイル効率
制度	トップランナー	都市計画ゾーン設定	カーボンオフセット	カーシェアリング
	住宅断熱基準	道路計画	サマータイム	クールビズ
	家電・住宅エコポイント	公共交通計画(バス・地下鉄など)	エコドライブ	ウォームビズ
	省エネラベリング	固定価格買取制度	高速道路エコカー割引	
			グリーン電力証書・RPS法	
補助金	エコカー購入時補助金	新エネルギー開発・普及補助金	環境エネルギー教育への補助金	
	省エネ住宅ローン	エネファーム普及補助		
		エコキュート普及補助		
税制	エネ革税制	ガソリン税・軽油税(消費を抑制するための税制)		
	エコカー減税			
	省エネ住宅減税			
報奨	省エネルギー大賞		温暖化防止大臣表彰	

12