

世界主要国のエネルギー効率ランキング報告の検証

—ACEEE 報告の解釈について—

平成 26 年 8 月 27 日

RITE システム研究グループ

1. はじめに

2014 年 7 月 17 日、ACEEE (American Council for an Energy Efficient Economy) は The 2014 International Energy Efficiency Scorecard を発表した[1]。ACEEE は米国ワシントン DC に本部を置く non-profit organization (NPO)である。この ACEEE 報告[1]はエネルギー効率(と ACEEE が定義)に関する 31 指標を重み付けすることによって世界の主要 16 カ国・地域をランキング付けしている。

この ACEEE 報告[1]を引用し、例えば、毎日新聞は 2014 年 8 月 8 日の朝刊において『米 NPO：「省エネ大国、日本」もはや幻想 中国より下位』との見出しにて報道している。その中で、日本は石油危機の時期に省エネが進んだが、その後の努力は不十分であり中国にも抜かされたとする。

しかしながら、エネルギー効率の評価は簡単ではなく、ACEEE 報告[1]はエネルギー効率の実態が正しく反映されない評価となっており、その注意点を含めここで解説を行う。

2. ACEEE 報告の概要

2.1 ACEEE 報告の概要と問題点

ACEEE 報告[1]によれば「1.エネルギー効率の高い国は、コスト低減、環境負荷低減、経済的競争力強化を享受できる」「2.米国はエネルギー効率向上により国際競争力を維持促進できる」「3.米国は 2013 年 6 月発表の EPA 規制案に従うべき」「4.全ての国に大幅なエネルギー効率改善余地がある」としている。31 指標、満点であれば計 100 点となる(国別努力、建物(家庭・業務)、産業、運輸の 4 部門各 25 点満点)。

Overall country scores with sector breakdown

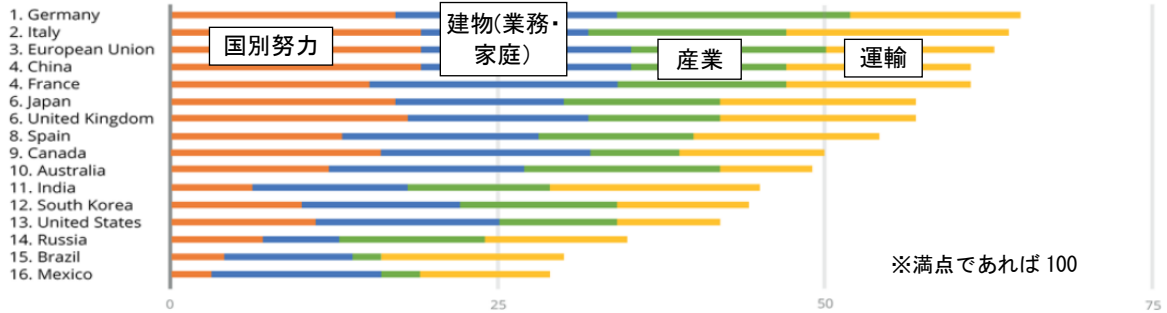


図 1 ACEEE 報告に記載されている地域別・部門別の得点

出典) ACEEE[1] p. xii

注 1) 日本語箇所は RITE 追記による。

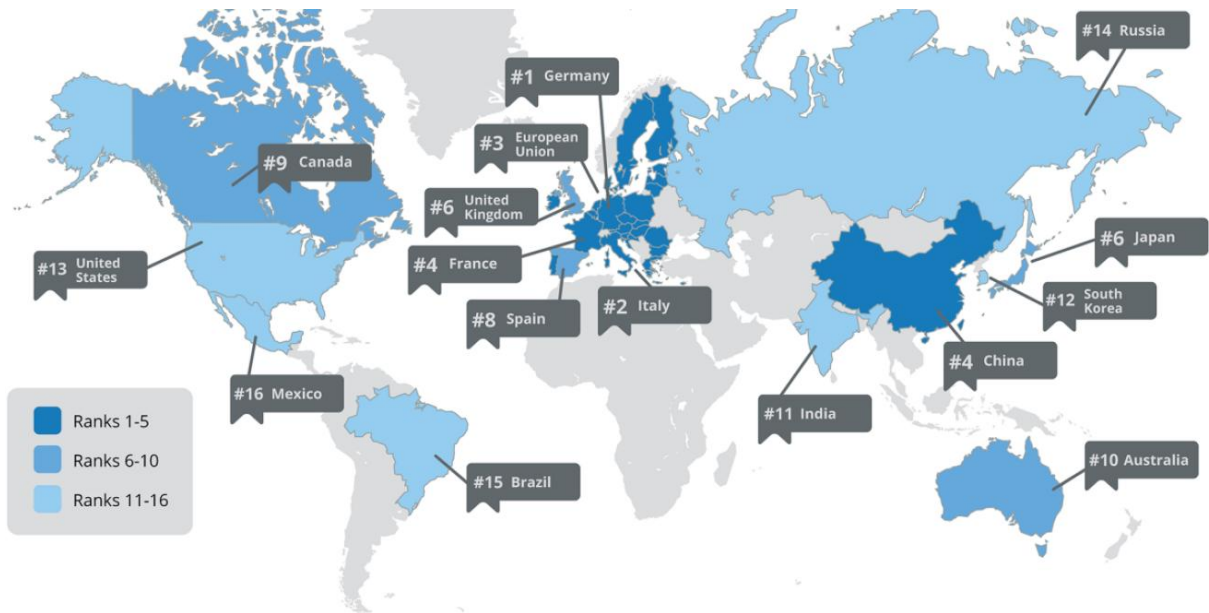


図 2 ACEEE 報告に記載されている地域別ランキング

出典) ACEEE[1] p. xii

ACEEE 報告[1]の全般的な問題点として、以下の点が指摘できる。

○ 全体を通して、結果としての「エネルギー効率水準」ではなく「政策の有無や数」を参照する評価指標が多い。しかし、政策を評価するにしても、高いエネルギー効率水準の実現にどの程度効果をもたらすかを評価する必要があり、それは「政策の有無や数」ではなく、各国・各地域の事情（経済発展段階、人口密度など）に適した有効かつ効率的な政策が実施されているかが重要になるはずである。しかし、ACEEE 報告では、そのような評価がなされることもなく、主観的に選択した政策について、その有無や対象となっている数

によって点数付けを行って評価がなされているだけである。このような「政策の有無や数」の評価によっては、世界各国の「エネルギー効率水準」や「エネルギー効率向上努力」を測ることはできない。

○ エネルギー効率の水準を計測しようと試みた数少ない評価指標も、産業構造・貿易構造、経済発展段階、人口密度、気候条件等によって影響を受ける指標が中心となっている。従って、このような評価指標も実際のエネルギー効率水準を評価しているものとは言い難い。

○ 各種評価指標の重み付けがなされているが、重み付けは主観的になされており、その妥当性の検証が必要である。そして、示されている最終的なランキングは、主観的な重み付けに大きく依拠したものとなっている。

以下、4つの部門別により詳細に見ていくこととする。

2.2 「国別努力」の ACEEE 評価の概要と問題点

表 1 ACEEE 報告に記載された「国別努力」に関する得点表

		n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8
	Total national efforts score	Change in energy intensity	Efficiency of thermal power plants	Mandatory energy savings goals	Tax credits and loan programs	Spending on energy efficiency	Spending on energy efficiency R&D	Size of the ESCO market	Water efficiency policy
EU	19	4	2	2	3	3	2	2	1
France	19	6	0	3	3	2	2	2	1
Italy	19	4	2	2	3	5	1	1	1
UK	18	3	2	3	2	4	2	1	1
Canada	17	4	2	1	3	3	2	1	1
Germany	17	5	2	3	3	3	1	0	0
Japan	17	4	3	2	3	2	2	0	1
China	15	5	1	2	2	2	0	2	1
Spain	13	4	2	3	2	1	0	0	1
Australia	12	5	1	1	1	1	2	0	1
USA	11	1	2	0	3	3	1	1	0
South Korea	10	0	2	2	3	0	1	1	1
Russia	7	0	0	2	3	2	0	0	0
India	6	1	0	2	2	0	0	0	1
Brazil	4	0	0	1	2	0	0	0	1
Mexico	3	0	1	0	2	0	0	0	0

出典) ACEEE[1] p. 17

注 1) n1~n8 のみ RITE 追記による。

表 2 「国別努力」に関する指標一覧

No	ACEEE が付けたラベル	ACEEE による重み	実際の意味・算定方法
n1	Change in energy intensity	6	2000 年から 2011 年にかけて、実質 GDP 当たりのエネルギー消費量が、どの程度変化したか
n2	Efficiency of thermal power plants	3	火力発電所の発電効率、及び送電ロス
n3	Mandatory energy savings goals	3	義務付けられた省エネ目標の有無
n4	Tax credits and loan programs	3	税額控除と融資プログラムの有無
n5	Spending on energy efficiency	5	エネルギー効率向上のため投資額(中央政府、及び発電事業者の投資額)[人口当たり]
n6	Spending on energy efficiency R&D	2	エネルギー効率に関する R&D への支出[人口当たり]
n7	Size of the ESCO market	2	ESCO(Energy Service Company)の市場規模[GDP 当たり]
n8	Water efficiency policy	1	水利用効率向上のための政策の有無

注 1) n1～n8 は RITE 追記による。「実際の意味・算定方法」は、ACEEE (2014) [1]の pp.16-26 に基づき RITE 整理。

ACEEE 報告[1]は、「国別努力」として 8 評価指標を挙げている。しかし、エネルギー効率水準を表すのに比較的近い指標は (n1) Change in energy intensity 及び (n2) Efficiency of thermal power plants の 2 指標に留まる。

(n1) Change in energy intensity は、実質 GDP 当たりのエネルギー消費量が 2000 年から 2011 年にかけてどの程度変化したかに注目している。2000 年以前に既に実質 GDP 当たりのエネルギー消費量が小さい国 (この指標で言えばエネルギー効率に優れた国) も存在する。この場合、更なるエネルギー効率の改善は余地が小さくなるため、変化率の数字だけで見ると努力が小さいかのように不適切な評価になりやすい。そのため、変化率ではなく絶対値で評価する方が適切である。また、この指標は GDP の換算方法に依存する。つまり、市場為替レートあるいは購買力平価のどちらに基づいて計測したかによって、結果は大きく異なる。また、市場為替レートに関しても何年時点の市場為替レートを用いたかによって数値が変わる (後述の第 3.1 節、3.2 節を参照のこと)。国際比較をする場合は、少なくとも換算方法を明記することが必要であるが ACEEE 報告にその記載はない。

(n2) efficiency of thermal power plants は火力平均の発電効率で示されているが、国によって燃料種の利用のしやすさ、エネルギー安全保障上の点などから、火力発電の構成が異なっている。火力平均とすると、算定される発電効率は、エネルギー効率の水準のみならず、燃料構成の違いの影響を大きく受ける。そのため、本来なら燃料別 (石炭、石油、天然ガス) の発電効率比較も合わせて見る必要がある (石炭、天然ガス別の発電効率の国際比較を第 3.3 節に掲載)。また、ACEEE 報告では送電ロスも考慮しようと試みているが、計

算方法に明らかな誤りがある。例えば、ACEEE 報告では日本の火力発電の総合的な効率を41%としている。これは火力発電の発電効率（46%）から送電ロス（5%）を単純に差し引いて算定している。本来なら $0.46 \times 0.95 = 44\%$ と計算すべきである。このように全ての国の効率性を計算し直すと、得点及びランキングも変化する。

他は政策（省エネ目標、税額控除と融資プログラム、水利用効率改善）の有無、エネルギー効率に関連する投資・支出である。これら政策や投資・支出はいわばインプットである。これらが実際のエネルギー効率水準にどの程度影響を及ぼしたかといったアウトプットの効果を計測したものではない。

以上から、ACEEE 報告[1]の「国別努力」の評価は総じて政策の有無に関する指標に左右されており、実際のエネルギー効率水準とは異なったものが計測されるような指標が採用されていたり、また明らかな誤りも含んでいる。

2.3 「建物（業務・家庭）部門」の ACEEE 評価の概要と問題点

表 3 ACEEE 報告に記載された「建物（家庭・業務）」に関する得点表

	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	
	Total buildings score	Energy intensity in residential buildings	Energy intensity in commercial buildings	Residential building codes	Commercial building codes	Building labeling	Appliance and equipment standards	Appliance and equipment labeling	Building retrofit policy
China	19	4	4	2	2	1	4	2	0
Germany	17	1	2	3	3	2	2	2	2
EU	16	1	2	3	3	2	2	2	1
France	16	1	1	3	3	2	2	2	2
Australia	15	2	0	3	3	2	2	2	1
Canada	15	2	2	2	2	0	5	1	1
Spain	15	2	0	3	3	2	2	2	1
UK	14	0	2	3	3	2	2	2	0
USA	14	2	1	2	2	0	5	1	1
Italy	13	1	0	3	2	2	2	2	1
Japan	13	2	0	2	3	1	2	2	1
Mexico	13	4	4	0	1	0	3	1	0
India	12	3	4	0	2	0	0	2	1
South Korea	12	0	1	3	3	0	3	2	0
Brazil	10	4	3	0	0	0	1	2	0
Russia	6	0	1	1	1	1	0	1	1

出典) ACEEE[1] p. 27

注 1) b1~b8 のみ RITE 追記による。

表 4 「建物（家庭・業務）」に関する指標一覧

No	ACEEE が付けたラベル	ACEEE による重み	実際の意味・算定方法
b1	Energy intensity in residential buildings	4	住宅におけるエネルギー消費量を床面積で除したもの（人口にて加重平均した冷房度日、暖房度日で補正も実施と記載）
b2	Energy intensity in commercial buildings	4	業務部門の建物（オフィスビル、店舗、学校など〔住宅以外の建物〕）におけるエネルギー消費量を床面積で除したもの（人口にて加重平均した冷房度日、暖房度日で補正も実施と記載）
b3	Residential building codes	3	住宅建築に対する規制の有無（壁や窓などの断熱性能、窓の遮熱性能、照明の効率、暖房や冷房の効率、設計の適正さ、建物の配置や順応、気密性能）
b4	Commercial building codes	3	業務部門の建物に対する規制の有無（壁や窓などの断熱性能、窓の遮熱性能、照明の効率、暖房や冷房の効率、設計の適正さ、建物の配置や順応、気密性能）
b5	Building labeling	2	全建築物（業務・家庭、新規・既存）に適用できる義務化されたラベリングがあるか、そのラベリングが公開されているかなど
b6	Appliance and equipment standards	5	エネルギー効率基準にてカバーされている機器や設備の種類数
b7	Appliance and equipment labeling	2	「エネルギー効率基準が離散的にグルーピングされて表示することが義務化」=2 点 「エネルギー効率基準が連続的な数値にて表示することが義務化」=1 点
b8	Building retrofit policy	2	「既存建築物の改築に関する包括的な政策がある」=2 点 「既存建築物の改築に関して部分的な政策がある場合（例えば業務部門あるいは家庭部門の建物のどちらかに政策がある場合）」=1 点

注 1) b1～b8 は RITE 追記による。「実際の意味・算定方法」は、ACEEE[1]の pp.27-38 に基づき RITE 整理。

ACEEE 報告[1]は、建物（業務・家庭）部門の評価として 8 指標を挙げている。しかし、当該部門についても、エネルギー効率水準を表すのに比較的近い指標は (b1) Energy Intensity in Residential Buildings、及び (b2) Energy Intensity in Commercial Buildings のみである。これら (b1) (b2) は、ACEEE 報告によれば人口で加重平均した冷房度日、暖房度日で補正も行っているという。ただし、エネルギーサービスの程度、すなわち空調サービス（冷房や暖房）をどの程度行っているかについては補正されていない。従って、エネルギー効率の水準というよりむしろ、低エネルギーサービスの国（所得水準が米国、英国、ドイツなどよりも相対的に低い中国、メキシコ、ブラジル、インド）を上位に評価する指標となっている。(b1) (b2) 以外の指標は政策の有無を評価しており、政策の効果や強度といった要素は評価されていない。

ACEEE 報告によると、エネルギー効率が高くなると、ライフサイクルコストが必ず低下

すると主張している。しかしながら、エネルギー効率とライフサイクルコストの分析を実施しなければ本来これは検証できない。政策を評価するならばこのようなコスト効率性も見べきである。

以上から、ACEEE 報告[1]の「建物（業務・家庭）部門」の評価は総じて政策の有無に関する指標に左右されている。またエネルギー効率水準というよりも所得水準が低い地域にとって高い得点を得やすい構造となっている。

例えば毎日新聞（2014年8月8日朝刊）は、「4位に中国が入った。マンションの面積当たりの消費エネルギーが最も優れていた（・・・）」、「分析をまとめたレイチェル・ヤングさんは「中国は、オフィス、住宅とも建物の省エネ化が進み、結果として上位に入った。（・・・）」と述べた」としている。これは、(b1) Energy Intensity in Residential Buildings、及び (b2) Energy Intensity in Commercial Buildings の指標で高得点を得ていることを指していると思われるが、上で指摘したように、この指標の得点の高さは中国は他国よりも、家庭部門や業務部門でのエネルギーサービス量がまだ低いレベルに留まっていることを意味している（すなわち冷房を行っていない住宅やビルも多いことを意味する）。このように (b1) (b2) の指標は、エネルギー効率水準の高さや省エネルギーの度合いを適切に反映していない。ACEEE 報告による「建物（業務・家庭）部門」評価の解釈には注意が必要である。

2.4 「産業部門」のACEEE評価の概要と問題点

表 5 ACEEE 報告に記載された「産業部門」に関する得点表

		i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7
	Total industry score	Energy intensity of the industrial sector	Industrial electricity generated by combined heat and power	Investment in manufacturing research and development	Voluntary energy-performance agreements with manufacturers	Mandate for plant energy managers	Mandatory energy audits	Agriculture energy intensity
Germany	18	6	4	1	3	0	2	2
Australia	15	8	1	1	3	0	2	0
EU	15	4	5	0	3	0	2	1
Italy	15	3	6	0	3	2	0	1
China	13	0	5	0	2	2	2	2
France	12	4	1	1	3	0	2	1
Japan	12	2	1	2	2	2	2	1
South Korea	12	1	3	2	3	0	2	1
Spain	12	4	2	0	2	0	2	2
India	11	0	1	2	2	2	2	2
Russia	11	0	5	0	3	0	2	1
UK	10	2	2	2	3	0	0	1
USA	9	3	2	2	2	0	0	0
Canada	7	3	0	1	3	0	0	0
Mexico	3	1	1	0	0	0	0	1
Brazil	2	1	0	1	0	0	0	0

出典) ACEEE[1] p. 39

注 1) i1~i7のみ RITE 追記による。

表 6 「産業部門」に関する指標一覧

No	ACEEE が付けたラベル	ACEEE による重み	実際の意味・算定方法
i1	Energy Intensity of Industrial Sector	8	エネルギー消費量を産業 GDP で除して算定（鉱業はエネルギー消費量を出荷額で除して算定）
i2	Electricity Generated by Combined Heat and Power	6	電気事業者の発電電力量に占める CHP 比率（CHP 比率が高ければ高い程高い得点）
i3	Investment in Manufacturing Research and Development	2	製造業 R&D 費用を産業 GDP で除して算定
i4	Voluntary Energy Performance Agreements between National Governments and Manufacturers	3	製造業エネルギー効率に関して、自主的な「取り決め」、また参加や遵守の「インセンティブ」があるかどうか
i5	Mandate for Plant Energy Managers	2	規制「エネルギー管理士を on-site で雇う」の有無
i6	Mandatory Energy Audits	2	「義務化されたエネルギー監査（省エネ診断）」の有無
i7	Agriculture Energy Intensity	2	農業部門のエネルギー消費量を農業 GDP で除して算定（事実上、機械化の度合いが高いと低い得点となる）

注 1) i1～i7 は RITE 追記による。「実際の意味・算定方法」は、ACEEE[1]の pp.39-47 に基づき RITE 整理。

ACEEE 報告[1]は「産業部門」に関して 7 評価指標を挙げている。しかし、エネルギー効率水準を表すのに比較的近い指標は (i1) Energy intensity of the industrial sector のみに留まる。他は政策の有無（結果としてのエネルギー効率水準ではない）を見ていたり、発電量に占める CHP シェア、さらには農業部門の機械化の度合いを事実上評価している。

この内の (i1) Energy intensity of the industrial sector は（エネルギー消費量／産業 GDP）という経済指標にて算定しており、これについてもエネルギー効率水準というよりも、産業構造や貿易構造に大きく依存する性質を有した指標となっている。この指標においては鉱業も含まれたものとなっているが、鉱業については（エネルギー消費量／出荷額）にて算定している。結果として (i1) にて最高得点（満点の 8）を獲得したのは鉱業部門のシェアが高いオーストラリアである。出荷額は大きいものの（多くは輸出される）、出荷額に比して産出段階で必要となるエネルギー消費量は小さいため、この指標では良く評価される。一方、鋼材や自動車等、生産段階で比較的大きなエネルギー消費を要する産業を多く有している日本、韓国は低い点数となっている（それぞれ 2、1）。すなわち、ACEEE が採用した当該指標は、産業部門のエネルギー効率を測る指標としては不適切なものと言える。後述の第 3.3 節に示すように、鉄鋼、セメント生産など、エネルギー多消費の主要な部門において、日本のエネルギー効率は世界最高水準となっている。

発電量に占める CHP シェアが高いドイツ、イタリアなどの欧州、ロシア、中国は CHP 比率が高く 4~6 の点数を得ている。これらは比較的寒冷で熱需要が大きいという気候条件によるところも大きい。一方、日本、ブラジル、メキシコなどは CHP 比率が低く 0~1 しか得ることができていない。

結果、産業部門において、ドイツ、イタリア、欧州、オーストラリア、中国などが上位 5 ヶ国となっており、日本は 6 位（フランス、韓国、スペインと共に）と得点付けされている。このような ACEEE 報告[1]による「産業部門」のランキングは、エネルギー効率水準というよりはむしろ、産業構造、貿易構造、気候条件、そして政策の有無（政策の有効性や効率性ではない）に依存する構造を持つため、解釈に注意が必要である。

2.5 「運輸部門」の ACEEE 評価の概要と問題点

表 7 ACEEE 報告に記載された「運輸部門」に関する得点表

		t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
	Total score	Vehicle miles traveled per capita	Fuel economy of light-duty vehicles	Fuel economy standards for light-duty vehicles	Fuel efficiency standards for heavy-duty tractor trucks	Energy intensity of freight transport	Freight transport per unit economic activity	Use of public transit	Investment in rail transit vs. roads
Italy	17	2	3	4	0	1	3	1	3
India	16	3	3	2	0	2	1	3	2
Japan	15	1	2	3	1	1	3	3	1
UK	15	1	3	4	0	1	3	1	2
Brazil	14	2	2	1	0	2	1	3	3
China	14	3	1	1	2	2	0	3	2
France	14	2	2	4	0	1	3	1	1
Spain	14	2	2	4	0	1	2	1	2
EU	13	1	2	4	0	1	2	1	2
Germany	13	1	2	4	0	2	2	1	1
Canada	11	1	1	2	3	2	2	0	0
Russia	11	2	1	0	0	3	0	2	3
Mexico	10	2	1	1	0	0	2	3	1
South Korea	10	1	1	1	0	0	2	3	2
USA	8	0	0	2	3	2	1	0	0
Australia	7	1	0	0	0	3	1	1	1

出典) ACEEE[1] p. 48-49

注 1) t1~t8 のみ RITE 追記による。

表 8 「運輸部門」に関する指標一覧

No	ACEEE が付けたラベル	ACEEE による重み	実際の意味・算定方法
t1	Vehicle miles traveled per capita	3	一人当たり乗用車年間走行距離(年間走行距離を人口で除したもの)
t2	Fuel economy of light-duty vehicles	3	乗用車(LDV)の平均燃費(2010年)
t3	Fuel economy standards for light-duty vehicles	4	2025年までの燃費目標
t4	Fuel efficiency standards for heavy-duty tractor trucks	3	大型トラック・トラクターの燃費基準(燃料消費削減率あるいはCO ₂ 削減率)
t5	Energy intensity of freight transport	3	(国内)貨物輸送距離あたりのエネルギー消費
t6	Freight transport per unit economic activity	3	GDPに対する(国内)貨物輸送
t7	Use of public transit	3	公共輸送機関を利用した移動距離を総移動距離で除したもの
t8	Investment in rail transit vs. roads	3	道路に対する鉄道への政府投資の割合

注 1) t1~t8 は RITE 追記による。「実際の意味・算定方法」は、ACEEE[1]の pp.48-56 に基づき RITE 整理。

運輸部門では乗用車 (LDV)、公共輸送機関、貨物輸送を対象としている。ACEEE 報告において運輸部門は 8 評価指標あるが、結論から言えばエネルギー効率指標として適切とは言えないものが多く含まれている。例えば、(t1) Vehicle miles traveled per capita や (t3) Fuel Economy standards for light-duty vehicles 等の政策の有無は、エネルギー効率を直接評価するものではない。

(t1) Vehicle miles traveled per capita や (t2) Fuel economy of light-duty vehicles に関しては、国土面積や渋滞等の国情が考慮されていない。また、(t1) は自動車保有率すなわち所得水準にも大きく左右される指標となっており、エネルギー効率を測る指標とは言えない。一般に、実際の燃費を国レベルで推計することは容易ではなく、また信頼できる包括的なデータも限られる。燃費測定方法も地域により異なる。ACEEE 報告では、一つの引用文献に全ての国のデータが無いことから複数の文献からデータを引用しているが、それぞれの燃費推計値が文献間で比較可能とは言えないため有効な比較とはなっていない。

(t5) Energy intensity of freight transport の指標に関しては、国土の状況などに差異があり、それにより貨物輸送手段が国によって異なっているため、輸送手段ごと (例えばトラック、鉄道、船舶ごと) の数値があれば望ましい。

公共輸送機関の割合を評価しようと試みた (t8) Investment in rail transit vs. roads に関して、これらの投資はストックで効くため、ACEEE 報告が行っている単年度評価は適切ではない。さらに、民間による鉄道の投資の割合が多い国もあるため、政府投資のみの評価は適切で

はない。公共輸送機関の割合は、都市規模や人口密度と合わせてすべき内容である（例えば紀伊ら[2]）。

以上から、ACEEE 報告[1]の運輸部門はエネルギー効率水準というよりも、むしろ所得水準か低い地域や人口密度が高い地域に対し高い得点を与える構造となっている。従って解釈に注意が必要である。

3. RITE によるエネルギー効率の評価例

エネルギー効率の評価は簡単ではなく、適切な指標を選択・採用し、そしてそれぞれの指標が何を示しているものかを理解しながら解釈することが重要である。ここでは、エネルギー効率水準の国際比較として適正かつ妥当ないくつかの指標を示す。

3.1 マクロな経済指標によるエネルギー原単位の国際比較

実質 GDP 当たりの一次エネルギー消費量絶対値を図 3 及び図 4 に示す。これら図は共に市場為替レートに基づく。ただし、図 3 は 2005 年時点の市場為替レートにて換算し、図 4 は 2000 年時点の市場為替レートである。このように為替レートの取り方により日本の順位は見かけ上大きく変わりうる。

また図 3 及び図 4 は産業構造や貿易構造にも影響される。例えば、日本、韓国、ロシアなどは鉄鋼業の国際競争力が高く正味で鋼材を輸出している。日本、韓国、ドイツは自動車や機械の国際競争力が高く輸出が多い（ドイツは自動車の輸入量も同時に多い）。一般に、エネルギー集約的な中間財や製品を輸出する地域、例えば日本、韓国にとって GDP 当たりのエネルギー消費は不利に、逆に輸入する米国などは有利な方向に働く。それにも関わらず、日本は GDP 当たりの一次エネルギー消費量で見ても比較的良い状況にある。

以上のような注意点があり、これらを理解しておくことが重要であるが、GDP 当たりのエネルギー消費は、国全体のマクロなエネルギー効率を推し量るのに有効な指標の一つである。

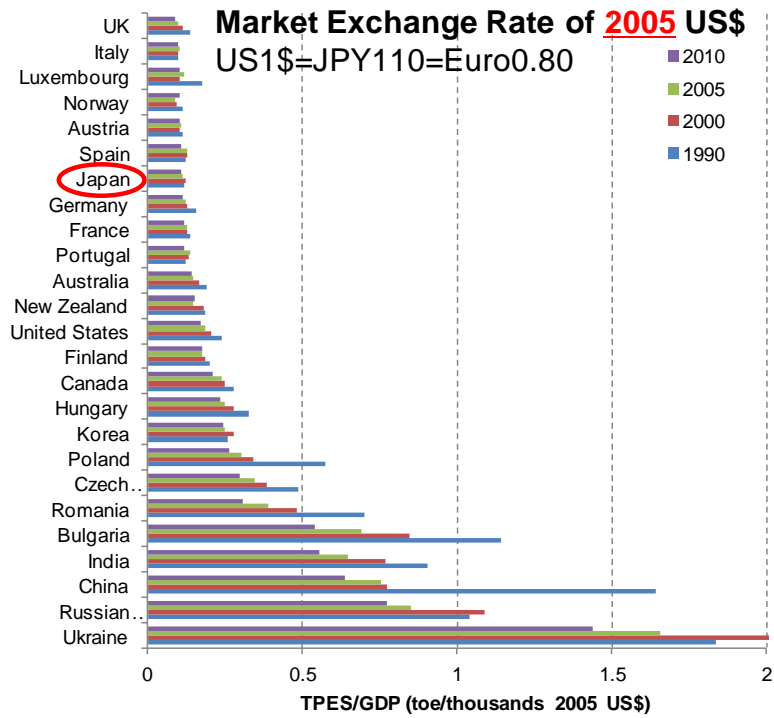


図 3 実質 GDP 当たりの一次エネルギー消費量 (2005 年時点の市場為替レートを参照)
 注 1) IEA[3]に基づき RITE 整理。

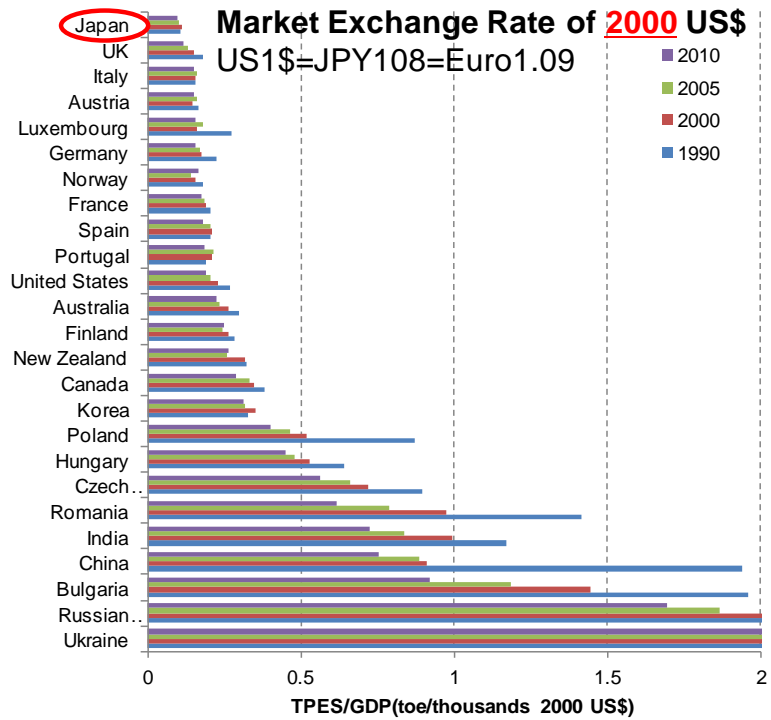


図 4 実質 GDP 当たりの一次エネルギー消費量 (2000 年時点の市場為替レートを参照)
 注 1) IEA[3]に基づき RITE 整理。

3.2 日本におけるマクロの経済指標によるエネルギー原単位の推移

図 5 に日本の実質 GDP 当たりの一次エネルギー消費量の推移を示す。産業構造の変化に依拠するので、この改善率の高さだけをもってエネルギー効率の高さや実態の伴った改善なのかどうかの評価にはならないことに注意が必要である。

このような点に注意しつつ図 5 を見る必要があるが、1990 年代はエネルギー効率向上が停滞したものの、2000 年代に入ってから再び顕著な改善が見られる。毎日新聞（8 月 8 日朝刊）では、「40 年以上前の石油ショック時に、日本の省エネは大きく前進した。しかし、その成功体験が大きすぎたせいか、その後の努力は不十分なのに、省エネ大国であるかのような幻想が浸透した。ここ 30 年間の産業の生産量あたりのエネルギー消費効率は横ばいで、大量消費型の生活習慣が定着した」とのコメントが掲載されているが、確かに 1990 年代はエネルギー効率向上が停滞したが、2000 年代に入ってから再び相応の改善も見られており、このコメントは必ずしも実際のデータと合致したものとは言えない。

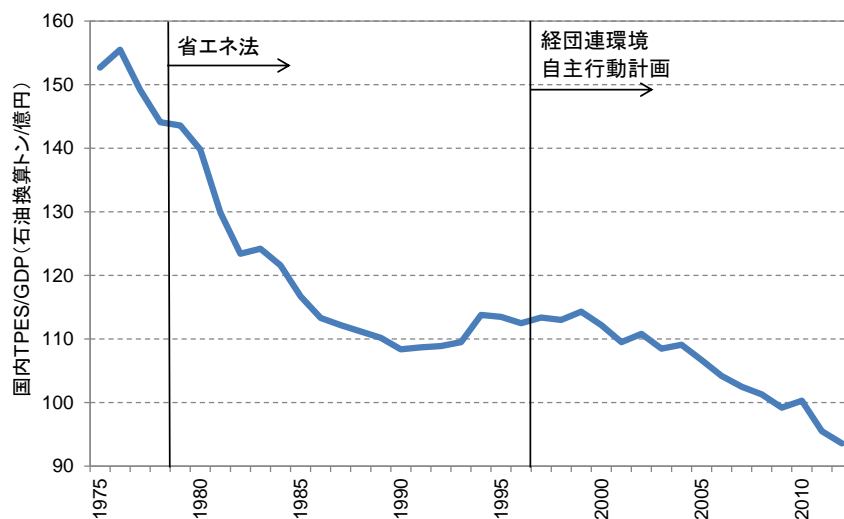


図 5 日本の実質 GDP 当たり一次エネルギー消費量の推移

出典) エネルギー・経済統計要覧 2013[4]に基づき RITE 整理。

3.3 部門別のエネルギー原単位の国際比較

部門別のエネルギー効率を比較することは、産業構造や貿易構造の変化といった見かけ上の影響を排除できるため、実態の把握という意味でとりわけ重要である。ただし、発電部門や産業部門では設備寿命が数十年以上と長く、建て替えタイミングにも影響されることに注意が必要である。また、互いに比較可能となるよう評価基準を揃える必要があるため、推定可能な部門に限られることに注意が必要である。

このように推定可能な部門に限られるものの、日本のエネルギー効率は、発電部門や主要な産業部門において、世界最高レベルを維持していると言える（図 6～図 9）。図 6、図

7に石炭火力、ガス火力の発電効率推移をそれぞれ示す。ガス火力についてはコンバインドサイクルのシェアに依存するため日本はかならずしも世界のトップとはなっていないが、これはコンバインドサイクルが一般に普及する1990年よりも前の時点でガス火力導入を世界に先んじて行ったことによる。石炭火力について評価した図6から明らかな通り、石炭火力の発電効率について日本はトップを維持している。

なお発電効率の詳細についてはRITE「火力発電所の発電効率国際比較:2011年時点まで」http://www.rite.or.jp/Japanese/lab0/sysken/about-global-warming/download-data/Comparison_EnergyEfficiency2011electricpower.pdf [5]を参照のこと。

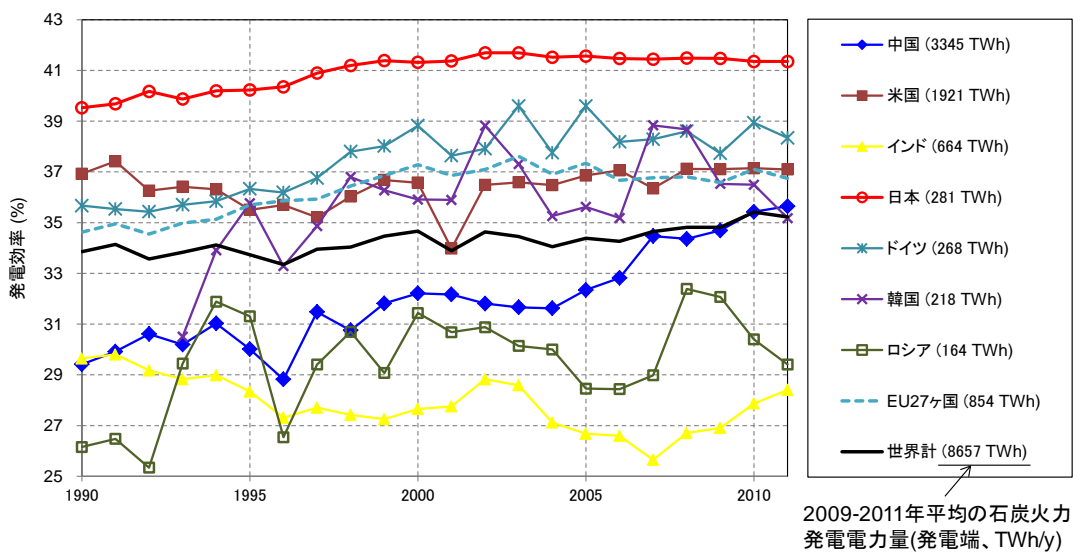


図6 石炭火力の発電効率の推移 (発電端・低位発熱量基準)

出典) IEA[3]を基に RITE 整理。

注1) 自家発、及び CHP 含む。CHP の熱 1 GJ は $(1000/3.6) \times 0.175 = 48.611$ kWh として換算。

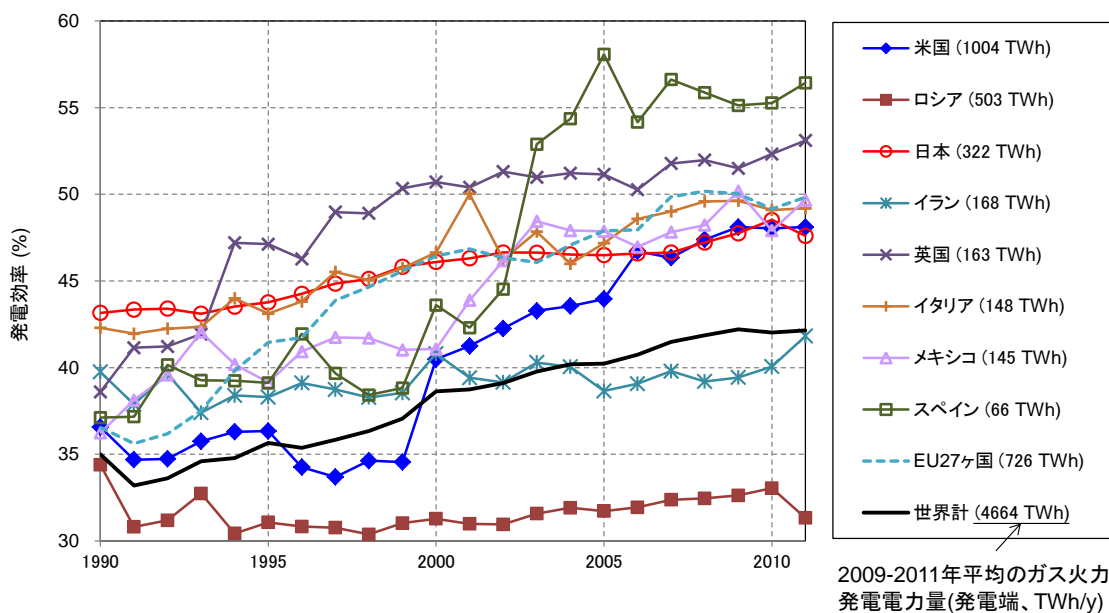


図 7 ガス火力の発電効率の推移（発電端・低位発熱量基準）

出典) IEA[3]を基に RITE 整理。

注 1) 自家発、及び CHP 含む。CHP の熱 1 GJ は $(1000/3.6) \times 0.175 = 48.611$ kWh として換算。

注 2) 日本の 2011 年の効率悪化は、震災後に老朽火力の活用をせざるを得ない状況に陥っていると推察される。

鉄鋼部門のエネルギー原単位国際比較を図 8 に示す。鉄鋼製造プロセスは、鉄鉱石から作るプロセス（高炉転炉法など）、鉄スクラップから作るプロセス（電炉法）に大別される。図 8 は前者の鉄鉱石から作るプロセス（高炉転炉法）のエネルギー原単位推計値である。

高炉転炉法では中間財である銑鉄の製造にエネルギーの多くを要する。銑鉄の外販や輸入も一般に広く行われている。銑鉄の外販や輸入により見かけ上有利・不利とならないよう、このようなマテリアルフローの差異を明示的に考慮し、互いに比較可能となるよう補正を行っている。

鉄鋼部門のエネルギー原単位国際比較の詳細については、文献 ([7][8][9]) を参照のこと。

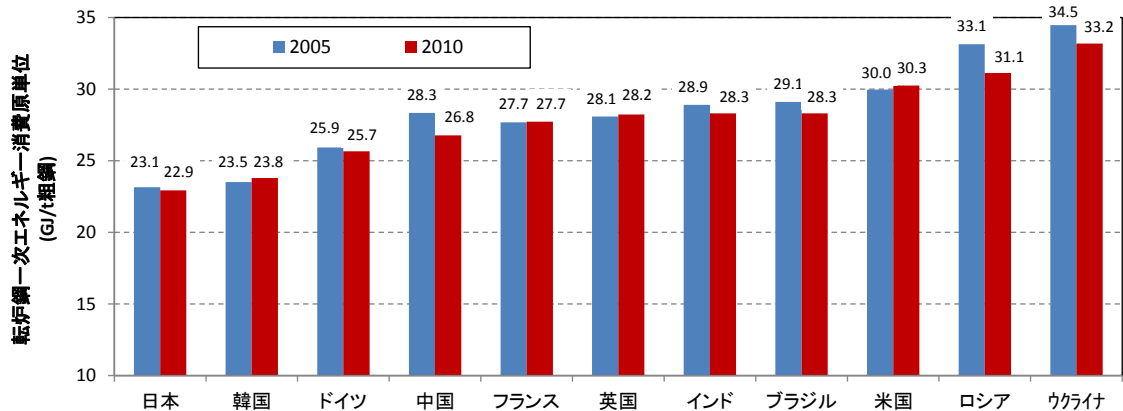


図 8 鉄鋼部門のエネルギー原単位推計値

出典) IEA[3]、worldsteel[6]、Oda et al.,[9]などを基に RITE 推計。

注 1) 主に鉄鉱石から粗鋼 1t を製造する際に要した一次エネルギー（一貫製鉄所、もしくは高炉転炉法と呼ばれる）。

注 2) 電力は $1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^3 = 10.8 \text{ MJ}$ の一次エネルギーとして換算。

最後に、セメント部門のエネルギー原単位推計値の国際比較を図 9 に示す。一般にセメント部門は、建築土木分野に必要な資材提供という動脈産業としての役割のみならず、副産物・廃棄物の受け入れという静脈産業としての役割も受け持つ。平成 24 年度の日本の副産物・廃棄物の受け入れ量は 481 kg/t セメントにもものぼる[10]。

クリンカはセメント製造の基礎となる中間財であり、セメント製造プロセス全体の中で重要な位置を示す（セメント製造当たりのクリンカ投入量はおおよそ 0.6 t クリンカ/t セメントから 0.9 t クリンカ/t セメントと地域より差異がある）。

副産物・廃棄物の含水率にもよるが、一般にこれら受け入れによりクリンカ製造当たりの熱エネルギー投入量計が増加（エネルギー効率が低下）する。日本や欧州のセメント部門は副産物・廃棄物の受け入れに積極的であると同時に、比較的良好なエネルギー原単位となっている。

セメント部門のエネルギー原単位国際比較の推計方法詳細については、文献[9]を参照のこと。

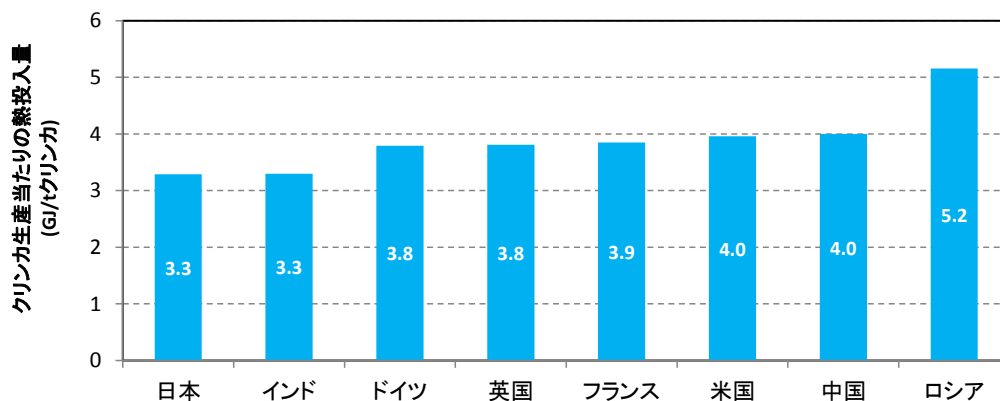


図 9 クリンカ製造 1t 当たりの熱エネルギー原単位推計値 (2010 年時点)

出典) WBCSD, Cement Sustainability Initiative (CSI)[11]、Oda et al.,[9]などに基づき RITE 推計。

注 1) クリンカ製造 1t 当たりに要した熱量。電力消費を除く。

注 2) 副産物・廃棄物、及びバイオ燃料などの熱量も含む。

4. おわりに

国内外で省エネルギーを一層進展させていくことが必要であり、エネルギー効率の国際比較を行うことは、エネルギー効率改善機会を見出す意味でも大変重要である。しかしながら、その際には、エネルギー効率水準を適切に評価できる指標を選択することが重要であり、かつそれぞれの指標が示す意味をよく理解しながらそれを解釈することが必要である。ACEEE から発表された「The 2014 International Energy Efficiency Scorecard」[1]は、本解説で見てきたように、選択された評価指標がエネルギー効率水準を適切に表現できないものが多数含まれており、更には選択された指標が主観的に重みづけがなされ、単一指標化されて、国別のランキングまで提示されている。しかしこれは大変大きな誤解を生むものと考えられる。エネルギー効率の比較に関して適切な理解に努めることが、今後のエネルギー効率改善の可能性を見出し、真にエネルギー効率改善につなげていくことにつながるはずである。RITE では、更に実態を反映した適切なエネルギー効率の国際比較の分析・評価となるよう、このような分析・評価を継続的に実施していく予定である。

参考文献

- [1] The American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE), The 2014 International Energy Efficiency Scorecard, 2014.
- [2] 紀伊雅敦, 鈴木徹也, 谷下雅義, 土井健司, 人口減少下での持続可能な都市交通に関するヴァイジョニングモデルの試み, 土木学会論文集D, 65(3), pp.303-316, 2009.
- [3] IEA, Energy Balances of OECD/Non-OECD Countries 2013, 2013.
- [4] 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット編「エネルギー・経済統計要覧 2013」(2013)

- [5] RITE 「火力発電所の発電効率国際比較：2011年時点まで」(2014)
http://www.rite.or.jp/Japanese/lab/sysken/about-global-warming/download-data/Comparison_EnergyEfficiency2011electricpower.pdf
- [6] Worldsteel, Steel Statistical Yearbook 2012, (2012)
- [7] RITE 「2010年時点のエネルギー原単位の推計（鉄鋼部門-転炉鋼）」(2012)
http://www.rite.or.jp/Japanese/lab/sysken/about-global-warming/download-data/Comparison_EnergyEfficiency2010steel.pdf
- [8] RITE 「2010年時点のエネルギー原単位の推計（鉄鋼部門-スクラップ電炉鋼）」(2012)
http://www.rite.or.jp/Japanese/lab/sysken/about-global-warming/download-data/Comparison_EnergyEfficiency2010steelEAF.pdf
- [9] Junichiro Oda, Keigo Akimoto, Toshimasa Tomoda, Miyuki Nagashima, Kenichi Wada, Fuminori Sano, International comparisons of energy efficiency in power, steel, and cement industries, Energy Policy, 44, pp.118-129, 2012.
- [10] 一般社団法人セメント協会. <http://www.jcassoc.or.jp/>
- [11] WBCSD, Cement Sustainability Initiative (CSI) <http://www.wbcdcement.org/>

【問い合わせ先】

(公財) 地球環境産業技術研究機構 システム研究グループ

小田潤一郎、長島美由紀、ビアンカ ショアイ テラニ、徳重 功子、秋元 圭吾

〒619-0292 京都府木津川市木津川台 9-2

電話：0774-75-2304、FAX：0774-75-2317、E-mail：sysinfo@rite.or.jp