東京における持続可能社会の実現とエネルギー問題

戒 能 一 成*

Achieving Sustainable Long-term Energy Demand and Supply in the Tokyo Metropolis

Kazunari KAINOU*

[Received 14 February, 2012; Accepted 12 December, 2013]

Abstract

This paper discusses sustainable long-term energy demand and supply in the Tokyo Metropolis. The current demand and supply for energy in Japan does not fulfill the conditions for continuous sustainability, whereby the entire primary energy supply is covered by renewable energy, due to high dependency on oil imports during and after the period of rapid economic growth from the 1950s to the 1970s. Consequently, Japan's energy policy since 1990 has sought transitional sustainability, which improves energy efficiency at the demand side and diversifies energy sources and promotes renewable energy at the supply side to achieve continuous sustainability in the future. However, in the Tokyo Metropolis, where population density and integration of commercial and service sectors is high, it is difficult to achieve even transitional sustainability compared to other prefectures. Therefore, possible ways to achieve transitional sustainability in the Tokyo metropolis are discussed using long-term and regional energy statistics.

Key words : sustainability, energy demand and supply, energy efficiency, renewable energy, Tokyo metropolitan city

キーワード : 持続可能性, エネルギー需給問題, エネルギー効率性, 再生可能エネルギー, 東京都

I. はじめに

—エネルギーと持続可能性—

1) 持続可能社会とエネルギー問題

ある社会の持続可能性を考える上では、食糧・資源・エネルギーや人口・公衆衛生・社会システム、さらには防災や地球環境問題に至るさまざまな問題を考えることが必要である。

持続可能社会の実現に必要な要素は大きく食糧・資源・エネルギーなどの物的要素、人口・公

衆衛生・社会システムなどの人的要素、防災・地球環境問題などの環境要素やこれらの複合要素に4分されるが、このうち物的要素については十分なエネルギーが確保可能であれば、農作物の管理栽培や金属のリサイクルなどの技術を通じて食糧や資源などの他の要素での問題を相当程度緩和し置換できることが知られている。

したがって、本稿においては持続可能性のうち物的要素や環境要素の面からみて非常に重要なエネルギー問題に着目し、持続可能社会の実現に

* (独) 経済産業研究所 / 東京大学公共政策大学院

* RIETI, IAI/GrasPP, University of Tokyo, Tokyo, 100-8901, Japan

向けた東京という都市の特質と今後のあり方を議論する。

2) 一次エネルギー供給と2つの持続可能性概念

通常、エネルギー源のほとんどは産出された形のまま使用されるのではなく、発電・石油精製などの処理により電力やガソリンなど消費側で便利な形態に転換され、さらに送電・輸送など多段階での損失を経て消費されており、条件を揃えなければ量的な比較・評価が困難である。したがってエネルギーにおける持続可能性を論じる際には、国産エネルギー源の場合産出後何の転換も経ない状態を、輸入エネルギー源の場合には国内に輸入された直後の状態を示す「一次エネルギー供給」の量や構成内訳をもって比較・評価を行う（戒能、2005）。

さまざまなエネルギー源のうち、長期的かつ厳密な意味で持続可能といえるエネルギー源は水力・地熱・バイオマス・太陽・風力などの再生可能エネルギーだけであるため、すべての一次エネルギー供給を生産設備・機器を含めて再生可能エネルギーだけで賄っている社会は「恒久的持続可能性」条件を満たしているものと考えられる。

見方を変えれば、ある社会が「恒久的持続可能性」を満たしているためには、域内の一次エネルギー供給を再生可能エネルギーのみで充足だけでなく、域内で必要な再生可能エネルギー生産機器・設備を生産可能かあるいは交易により入手可能な十分な経済力などを有している必要があり、持続可能性の評価にあたっては都道府県・政令指定市など一定の規模をもった社会を対象として捉えることが必要である。

しかし、現状でほとんどの社会では「恒久的持続可能性」の条件は満たされておらず、化石燃料や核燃料など持続可能でないエネルギー源に大幅に依存している状態にあるため、持続可能でないエネルギー源を消費しながらもこれを脱却し「恒久的持続可能性」条件の達成に向けて計画的・段階的に省エネルギーやエネルギー源の多様化、とくに再生可能エネルギーの開発普及などに取り組んでいる状態を「過渡的持続可能性」条件を満たしている状態とし、何の努力もせず化石燃料依存

が進むに任せている状態から区別して考える。

3) 日本の超長期エネルギー供給の量的変化

東京についての議論に入る前に、日本全体での超長期の一次エネルギー供給について概観しておく（図1）。

1880年から直近までの超長期で一次エネルギー供給とその構成比をみた場合、第二次世界大戦前から1960年代の高度成長期までは日本の一次エネルギー供給は2,500 PJ¹⁾以下であり非常に小さかったことが理解される。以降一次エネルギー供給は1960年代の高度成長期での急増、1970年代の石油危機期の景気低迷による安定化、1980～1990年代のバブル景気による再増加と、急増と安定化を繰り返したが、1990年代以降は、経済成長率の鈍化・低迷、人口増加率の停滞、気候変動枠組条約京都議定書に代表される地球環境問題への対応などの要因により一次エネルギー供給は比較的安定して推移している。

第二次世界大戦頃から比べて現在の人口は約2倍に増加しているが、一次エネルギー供給は約10倍に増加しており、日本人の1人あたり一次エネルギー供給はこの間に5倍に増加したことが理解される。

4) 日本の超長期一次エネルギー供給の質的变化

次に、現在までの超長期一次エネルギー供給のエネルギー源別構成を概観し持続可能性について考える（図2）。

明治初期から第二次世界大戦前後（1880～1945）での一次エネルギー供給は、薪・炭などバイオマスや水力発電を中心とした国産再生可能エネルギーと国産炭によって賄われていたことが理解される。1960年代の高度成長期から1970年代における石油危機期までの一次エネルギー供給の急増はおもに輸入原油によって賄われていたが、原油価格の高騰を背景に1980年代以降は原子力発電や輸入天然ガス・輸入炭の増加によってエネルギー源の分散・多様化が進んでいたことが観察される。

一方、持続可能性において非常に重要な再生可能エネルギーについては、現状ですべての種類の再生可能エネルギーを合計しても一次エネルギー

供給の5%程度を占めるにすぎず、引き続き開発導入の強化が必要な状態にあることが観察される。

一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギー比率については、国際エネルギー機関（IEA）統計によれば米国・EUとも5～6%前後であり、いずれの地域でも大部分を水力発電とバイオマスが占めている状況にある。したがって、再生可能エネルギーの開発導入の強化は日本のみならず先進国に共通するエネルギー分野での持続可能性上の問題であることが理解される。

5) 持続可能性と日本の超長期一次エネルギー供給の変化

日本の超長期一次エネルギー供給の量的・質的な変化を2)節でみた持続可能性の2つの概念という観点から捉えた場合、以下のように分類・再評価することができる。

江戸時代末期までの期間においては日本の一次エネルギー供給はすべて薪・炭などのバイオマスや人力・家畜力・風力（帆船）などで賄われており、国産エネルギーによる「恒久的持続可能性」条件がほぼ成立していたものと考えられる。

また、第二次世界大戦前の水力開発・電化推進期（1920～1950）や石油危機以降（1980年以降）においては、石炭から水力あるいは石油から原子力・石炭・天然ガスへの転換・多様化などが顕著に進展しており「過渡的持続可能性」条件がある程度満たされていたものと推定される。

しかし、明治時代以降の富国強兵・殖産興業期における薪・炭から石炭への転換期（1880～1920）と、高度成長期における石油の急増期（1950～1980）には持続可能性条件はまったく成立しておらず、むしろ損なわれる方向に進んでいたと考えられる。とくに高度成長期において日本の一次エネルギー供給は従前の6～7倍に増加したが、その増加分のほぼ全部が輸入石油で賄われたため、経済成長と引き替えに日本の一次エネルギー供給は「恒久的持続可能性」条件から大きく遠ざかってしまう結果となってしまったものと考えられる。

6) 持続可能性への取り組みの方向性と将来展望

現在の日本政府のエネルギー・環境政策は、

2002年に制定されたエネルギー政策基本法に代表されるとおり、明確に「過渡的持続可能性」に沿った方向で進められている（図3）。

具体的には、省エネルギーの推進による量的改善、エネルギー源の多様化や低炭素化による地球環境問題への対応、とくに再生可能エネルギーの開発導入による質的改善の推進などが体系的・計画的に進められているところである。

原子力発電の開発利用政策については従来は重点的な位置づけが与えられてきたが、2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故の影響により位置づけの修正・変更が見込まれる。しかし、エネルギー政策全体からみた場合には当該修正・変更は個別の政策手段の修正・変更であって政策の根幹は依然として不変であると考えられる。

一方、国立社会保障・人口問題研究所の長期推計によれば、日本の人口は今後減少を続け2100年頃には5,000万人程度に減少すると予測されており、仮に人口あたりでのエネルギー消費量がかわらなと仮定すると2100年に向けて日本の一次エネルギー供給量は現状からみて約50%前後に緩慢に減少していくことが予測される（国立社会保障・人口問題研究所、2012）。しかし、4)節でみたように現状の日本の一次エネルギー供給は石油をはじめとする化石燃料がなお大部分を占め、再生可能エネルギーが5%を占めるにすぎないことを考えれば、「過渡的持続可能性」条件を継続しつつ「恒久的持続可能性」条件に向かうという政策は依然として有効であると考えられる。

II. 東京とエネルギー消費

1) 都道府県別エネルギー消費統計の開発

近年において地域の特色に応じた都道府県・政令指定市などでの再生可能エネルギー推進対策や温室効果ガス削減対策の有益性が認められるようになったが、こうした対策を効果的に進めていくためには、地域別のエネルギー需給やエネルギー起源CO₂の排出とその変化を量的に把握することが必要である。しかしエネルギーの流通を捕捉追跡することはきわめて煩瑣な作業を伴い、電力

図 3 日本の超長期エネルギー供給・人口と政策の方向性。
Fig. 3 Long-term outlook of primary energy supply, population, and policy targets in Japan.

や輸送などネットワーク型のエネルギー消費においては転換損失や CO₂ 排出の発生場所とエネルギーの消費者の居所が地理的に異なるという本質的問題があり、エネルギーの地域別需給に関する統計は設けられていなかった。

都道府県別エネルギー消費統計は、一定の仮定を置きつつ消費側での最終エネルギー消費量を基準として地域別の需給や CO₂ 排出量を推計するという方針のもと、各種の公的統計を 1990 年に遡って地域別に再集計した加工統計であり、2005 年に筆者が開発した後、数次の改訂を経て現在は国や多くの地方公共団体で活用されている(戒能, 2010)。

以下 2009 年度版の都道府県別エネルギー消費統計における東京都と他の道府県での最終エネルギー消費量などを比較することにより、東京のエネルギー面での持続可能性について議論する。

ただし、都道府県別エネルギー消費統計においては推計上の必要から多くの仮定を置いており、

以下の点に注意することが必要である。

- 電力・熱の転換による損失や CO₂ 排出は、損失・排出の平均原単位を推計した上で最終エネルギー消費が行われた都道府県の「帰属間接分消費量(排出量)」とし直接分に加算する。
- 輸送機関のエネルギー消費のうち、貨物輸送・公的輸送機関など広域のネットワーク内で行われるエネルギー消費に伴う損失や CO₂ 排出は、特定の地域に一意的に帰属させることが困難であるため、都道府県別の計上から除外する。

2) 東京都のエネルギー消費の「絶対量」での比較

都道府県別エネルギー消費統計による 2008 年度の帰属最終エネルギー消費の総量をみた場合、東京都は 1,354 PJ で全国の約 8% に相当し、絶対量では全都道府県中で最も多い(図 4, 表 1)。

さらに帰属エネルギー消費量を産業、民生業務

図 4 都道府県別電力熱配分後帰属最終エネルギー消費 /2008 年度実績値.

Fig. 4 Final energy consumption by prefecture including attributed electricity and heat losses.

表 1 東京都の部門別・エネルギー源別帰属最終エネルギー消費量の全国平均との比較 /2008 年度.

Table 1 Comparison of attributable final energy consumption of Tokyo with the average of 47 prefectures by sector and energy source.

(単位 PJ)	産 業	民生業務他	民生家庭	運輸乗用車	総合計
東京都	118.3	774.7	399.5	61.7	1354.3
全国平均	166.1	98.1	80.1	24.8	369.1
標準偏差	150.9	126.2	78.8	19.2	321.6

(単位 PJ)	石油製品	都市ガス	電 力	総合計
東京都	284.6	209.9	327.1	1354.3
全国平均	108.4	26.7	83.2	369.1
標準偏差	121.5	39.2	72.8	321.6

他（第三次産業など）、民生家庭、運輸乗用車の部門内識別にみると、東京都の第三次産業を中心とする都市型の産業構造と世界有数の人口集中度を反映し、製造業など産業部門の消費量が全国平均以下である反面、民生業務他・民生家庭・運輸乗用車の消費量が全国平均を大幅に上回っていることが観察される。

また、帰属エネルギー消費量をエネルギー源別にみると、石油製品・都市ガス・電力のいずれも全国平均を超えているが、消費量としては電力が最も大きいことが理解される。

3) 東京都のエネルギー消費の「効率性」での比較

都道府県別エネルギー消費統計による 2008 年

表 2 東京都の部門別人口あたり・県民総生産あたり帰属最終エネルギー消費量の全国平均との比較。

Table 2 Comparison of attributable final energy consumption per capita and per gross regional product of Tokyo with the average of 47 prefectures by sector.

	産 業	民 生 業 務 他	民生家庭	運輸乗用車	総 合 計	
東京都	<u>1.21</u>	<u>7.95</u>	60.35	31.12	4.81	<u>13.89</u> 105.5
全国平均	<u>18.20</u>	<u>8.74</u>	33.21	29.48	10.02	<u>37.49</u> 141.8
標準偏差	<u>11.70</u>	<u>1.34</u>	6.30	2.74	1.84	<u>11.88</u> 46.6

人口あたり (GJ/人)、下線は県内総生産あたり (GJ/1,000円)。

度の帰属最終エネルギー消費を人口1人あたりでみた場合は105.5 GJ²⁾/人で全国平均141.8 GJ/人を下回っており、県内総生産1,000円あたりでみた場合は13.89 GJ/1,000円となり全国で最も低い値となっている(表2)。

先に2)節でみたとおり東京都の帰属最終エネルギー消費の絶対量は他の道府県より相対的に大きい、経済活動あたり・人口あたりでの見掛け上の「効率性」は他の道府県よりも高い値となっている。

興味深いのは東京都の県内総生産あたり帰属最終エネルギー消費量が産業部門と民生業務他部門で全国平均と大きく異なることである。

産業部門では東京都の県内総生産あたり帰属エネルギー消費は全国平均の7%程度と極端に低く、明らかに東京都には高付加価値・低エネルギー消費な機械製造・印刷出版などの業種が選択的・限定的に集積していると考えられる。しかし、民生業務他部門では東京都の県内総生産あたり帰属エネルギー消費は全国平均と同程度であり、東京都と他地域での第三次産業の構成は同質的で、単に東京都には事業所・店舗が極端に多数集中しているためにエネルギー消費が大きくなっていることが示唆されていると考えられる。

また、東京都の人口あたり帰属最終エネルギー消費も大きな特徴があり、民生業務他部門では全国平均の約2倍、民生家庭部門では全国平均と同程度、運輸乗用車部門では全国平均の約1/2という結果が観察される。民生業務他部門の結果は、事業所・店舗が居住人口に比べても極端に多数集積しているため他府県からの大規模な通勤が

行われていることを意味し、運輸乗用車部門の結果は当該大規模な通勤が鉄道など自動車以外の輸送機関で行われていることを意味している。民生家庭部門の結果は、東京都の住宅でのエネルギー消費は他の道府県と同質的であり、他地域と比べて相対的に一戸建住宅の比率が低く集合住宅の比率が高いにもかかわらず、住宅でのエネルギー消費の効率性が高いとはいえないことを意味している。

4) 東京都のエネルギー消費と省エネルギー

以上の結果から、東京都の帰属最終エネルギー消費の特徴を部門別に整理すると以下のとおりであり、産業部門および運輸(乗用車)部門については県内総生産あたり・人口あたりでみた帰属最終エネルギー消費が他の道府県と比べ効率であると評価できる。また産業部門の帰属最終エネルギー消費が他道府県と比べて極端に少ないことが東京都全体での見掛け上の効率性の原因であると考えられる。

一方、民生業務他部門および民生家庭部門については県内総生産あたりや人口あたりでみた帰属最終エネルギー消費の水準は全国平均と同程度であり、人口や経済活動の同質的で大規模な集積が電力をはじめとする東京都の帰属最終エネルギー消費を増加させているものと考えられる。

- 産業部門：絶対的な消費量は小、高付加価値・低エネルギー消費な業種の製造業が小規模・限定的に分布。
- 民生業務他部門：他道府県と同質的な事業所・店舗が大規模に集積しており絶対的な消費量大、電力・都市ガス消費大。

図 5 国内再生可能エネルギー供給量推移.

Fig. 5 Trends of domestic renewable energy supply in Japan.

- 民生家庭部門：他道府県と同質的な住宅が集積し絶対的な消費量大，電力・都市ガス消費大。
- 運輸乗用車部門：絶対的な消費量は大きいですが，鉄道など公共輸送機関が発達し活用されているため相対的に効率性大。

したがって，今後も東京都への人口集中と第三次産業を中心とした経済活動の集積が続く限り，日本全体のエネルギー消費が減少に転じた後も東京都の帰属最終エネルギー消費は長期にわたり増加を続け，また集積が進んでもそのままではエネルギー消費の効率性がほとんど向上しない状態が続くものと推察される。

III. 東京と再生可能エネルギー供給

1) 再生可能エネルギー供給の現状

持続可能性に向けた方策をエネルギーの供給側からみた場合，エネルギー源の分散・多様化の推進と再生可能エネルギーの開発導入という2つの方策があるが，東京都においては域内に化石燃料資源はなく発電・石油精製など転換設備もほと

んどないため，直接的なエネルギー源の分散・多様化を進めることはできず，当該方策は関東近隣県など他地域での実施に依存することとなる。したがって，東京都の域内で実施し得るのは再生可能エネルギーの開発導入に限られる。

前述したように日本国内における再生可能エネルギーの供給量は一次エネルギー供給全体の5%程度，1,000 PJ前後であるが，さらにその詳細な内訳をみた場合，大部分が水力発電と廃棄物などのバイオマスで占められており，風力発電・太陽光発電など他の再生可能エネルギーは1%程度のごくわずかな量しか寄与していないことが理解される（図5）。

II章でみた東京都の帰属最終エネルギー消費は1,354 PJであり，現状では国内の再生可能エネルギーを全部集めても東京都の最終エネルギー消費すら賄えないことが理解される。

2) 東京都での再生可能エネルギー拡大と可住地人口密度

東京都での再生可能エネルギーの拡大可能性について考えると，水力発電や地熱発電は立地場所

図 6 太陽光-風力発電設備容量-可住地人口密度相関/2007 年.

Fig. 6 Relationship between solar photovoltaic cell and wind turbine capacity and population density of habitable land.

が限定され、土地利用の現状からみて農林副産物系・廃棄物系のバイオマスの供給拡大も限定的であると考えられる。残る風力発電・太陽光発電については、これらの都道府県別発電設備容量を新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO）および新エネルギー財団（NEF）の調査結果から推計すると、都道府県別の可住地人口密度に対し風力発電では負、太陽光発電では正の相関がみられる（図 6）（戒能, 2009）。

当該結果は、風力発電では用地確保や低周波騒音など周辺環境対策の関係上から海沿いの低人口密度地域での設置が進み、太陽光発電では反対に住宅の屋上に設置する関係上から住宅の密度が高い高人口密度地域への設置が進んでいることを反映していると考えられる。さらに太陽光発電の設備容量について詳しくみた場合、可住地人口密度が 5,000 人/km² を超えると一戸建住宅より集合住宅が増加することなどから設備容量が飽和し低下する傾向がみられ、東京都は国内で最も可住地人口密度が高いが太陽光発電の設備容量は全都道府県中 7 位に留まっている。

したがって、東京都において今後拡大可能な再

生可能エネルギーは事実上太陽光発電に限定されるが、可住地人口密度が非常に高く一戸建住宅の比率が低いことから他道府県よりも相対的に困難な条件下で普及拡大を進めなければならない、ということが理解される。

3) 東京都での再生可能エネルギー拡大は合理的か

現状での東京都における太陽光発電の一次エネルギー供給を推計すると約 0.5 PJ 程度であり、東京都内の帰属最終エネルギー消費にははるかに及ばない状況にある。高効率太陽光発電の開発普及や壁面利用などを促進し、他の再生可能エネルギーについても最大限の利用を進めていくことは有益ではあるが、こうした方策だけで東京都での「恒久的持続可能性」を実現することは不可能である。

現状で再生可能エネルギーの大部分を占める水力発電・バイオマスについても、都道府県別の供給量を推計すると可住地人口密度に対して負の相関がみられ、風力発電についても同様であることから、再生可能エネルギーの大部分は大都市部よりも地方部での開発普及を進めることが合理的で

あると考えられる。

つまり、日本随一の人口密度を擁する東京都においては太陽光発電の開発普及を推進すべきではあるが、再生可能エネルギーの過度の拡大や自給自足に固執することは不合理ということである。

IV. おわりに

—東京におけるエネルギー分野での 持続可能性戦略—

1) 東京都における自給自足型持続可能性の困難性

II 章では東京都への人口集中と第三次産業を中心とした経済活動の集積が続く限り、東京都のエネルギー消費はなお増加を続ける見通しを述べた。III 章では東京都での再生可能エネルギーの開発普及は太陽光発電が有望であるが、その供給量は帰属最終エネルギー消費量にはるかに及ばない見通しであることを述べた。

つまり、東京都のみでは域内での「恒久的持続可能性」が実現困難であるばかりか、「過渡的持続可能性」条件すら満たせない状態が続く可能性すらある、ということである。

では、今後の東京都においてエネルギー分野で「恒久的持続可能性」を実現していくための戦略をどのように考えるべきであろうか。

2) 「恒久的持続可能性」を達成していた江戸時代からの示唆

今後の東京都の持続可能性を考える上では、「恒久的持続可能性」がほぼ達成されていた江戸時代の江戸のエネルギー需給から示唆を得ることが有益である。

各種の記録から、江戸時代の江戸でのエネルギー利用は風呂・台所用や陶磁器・製鉄など産業燃料用の薪が最も多く、次いで暖房用・冶金用の炭、照明用として少量の菜種油や蠟燭が用いられており、薪・炭を中心とするバイオマスに大きく依存していたことが判明している。他方、短距離輸送や農耕には人力や牛馬力利用が、長距離輸送には帆船による風力利用が行われていた。

江戸時代における薪・炭の供給源を調べていくと、少なくとも江戸末期には他地域から海運・

陸運により大量の薪・炭が輸送されて供給される状態となっており、現在の静岡県・山梨県や茨城県などから輸送され供給されていた様子である(青木, 1986)。

つまり、「恒久的持続可能性」がほぼ達成されていた江戸時代にあっても、世界有数の人口密度を有する江戸のエネルギー消費は武蔵野など域内でのバイオマス供給では賄いきれず他地域からの移入に依存しており、域外での開発と交易による供給を考えることが不可避であったということである。

3) 東京都におけるエネルギー分野での持続可能性戦略

III 章でみたとおり再生可能エネルギーの供給について可住地人口密度などの社会的・経済的制約が強く影響するものであり、また江戸時代における状況から類推するならば、東京都では「恒久的持続可能性」の単独での達成を目標とするよりも、地域間での交易を通じた社会的・経済的制約の克服を援用しつつ「過渡的持続可能性」の着実な実施を目標とする方が妥当であると推察される。

したがって、東京都が将来にわたって高い可住地人口密度と第三次産業の集積度を維持し続けることを前提として、東京都における今後のエネルギー分野での持続可能性戦略は域内・域外の2つの方向性で進めるべきと考えられる。

域内戦略については、東京都の域内において太陽光発電の開発導入に重点的な支援・助成策を実施し、域内で供給可能な再生可能エネルギーの合理的な利用を進めていくべきである。ただし東京都域内での再生可能エネルギー供給には限界があり、過度の期待や自給自足を目指すことは合理的ではないことを認識しておく必要がある。

域外戦略については、国内の他地域や海外など東京都の域外で、バイオマスなど可搬性・貯蔵性に優れた再生可能エネルギーの開発を促進しこれを東京都下に直接・間接に供給する「開発輸入」を支援・促進していくべきである。具体的には、バイオマス燃料やバイオガソリンの「開発輸入」に対し東京都が地方税制などを活用した独自の支援策を展開することなどが考えられよう。

注

- 1) PJ はエネルギーの単位ペタ・ジュール, 10^{15} Joule。
- 2) GJ はエネルギーの単位ギガ・ジュール, 10^9 Joule。

文 献

- 青木直巳 (1986): 幕末期武蔵野農村における炭薪生産. 立正大学文学部論叢, **84**, 101-125. [Aoki, N. (1986): Charcoal and firewood production in Musashino Village during the closing days of the Shogunate. *Journal of the Department of Literature, Rissho University*, **84**, 101-125. (in Japanese)]
- International Energy Organization (IEA) (2012): World Energy Statistics 2011; OECD member countries. <http://www.iea.org/stats/index.asp> [Cited 2013/12/20].
- 戒能一成 (2005): 総合エネルギー統計の解説. (独) 経済産業研究所電子公開資料. [Kainou, K. (2005): Official manual for the general energy statistics of Japan. *RIETI Electronic Open Materials*. (in Japanese)]

<http://www.rieti.go.jp/users/kainou-kazunari/download/index.html> [Cited 2013/12/20].

- 戒能一成 (2009): 再生可能電力の送配電・蓄電費用措置制度に関する経済的考察. (独) 経済産業研究所ディスカッションペーパー, 09-J-001. [Kainou, K. (2009): Economic study regarding the system of cost measures for the transmission and storage of renewable electricity. *RIETI Discussion Paper Series 09-J-001*. (in Japanese)] <http://www.rieti.go.jp/publications/dp/09j001.pdf> [Cited 2013/12/20].
- 戒能一成 (2010): 都道府県別エネルギー消費統計の解説. (独) 経済産業研究所電子公開資料. [Kainou, K. (2010): Official manual for the prefectural energy consumption statistics of Japan. *RIETI Electronic Open Materials*. (in Japanese)] <http://www.rieti.go.jp/users/kainou-kazunari/energy/index.html> [Cited 2013/12/20].
- 国立社会保障・人口問題研究所 (2012): 日本の将来推計人口 (平成 24 年 1 月推計). [National Institute of Population and Social Security Research (2012): *Population Projection for Japan as of January 2012 Estimation*. (in Japanese)] <http://www.ipss.go.jp> [Cited 2013/12/20].