

LED 照明による省電力ポテンシャルと費用対効果の試算

計量分析ユニット 需給分析・予測グループ 末広 茂、柴田 善朗

キーワード : LED 照明 節電 費用対効果

< 要旨 >

東日本大震災後、福島第一原子力発電所で重大事故が誘発され、原子力政策の見直しが進められている。原子力発電の代替として火力発電や再生可能エネルギーが議論の中心になることが多いが、消費サイドにおける省電力も非常に重要であることを忘れてはならない。

本稿では、消費サイドにおける省電力の一例として、LED（発光ダイオード）照明を取り上げ、費用対効果の試算を行った。現在使用されている白熱灯及び蛍光灯を全て LED 照明に代替した場合、日本の年間総電力消費量の 9%に相当する 922 億 kWh の省電力となる。これは原子力発電所の 13 基分、太陽光発電では 8,800 万 kW の発電量に相当する。初期費用は 16 兆円に上るが、太陽光発電で対応する場合の 53 兆円に比べれば格段に安い。また、コスト低下が目覚ましい LED 電球による白熱灯からの代替のみに限定しても、273 億 kWh（原発 4 基、太陽光 2,600 万 kW に相当）の電力が削減でき、交換費用も総額 8,500 億円に抑えられる。同量の電力を LNG 火力で賄う場合の燃料代は年間 2,000 億円であることから、火力発電に対してもコストが安い。

電源開発や代替電源の促進など供給側の対策は、多額の初期投資がかかるだけでなく、建設用地の確保（及び近隣住民の理解）や稼働までのリードタイムなども考慮しなければならない。一方、消費者側における省電力対策はより低コストであり、明日から始められるものも多い。省エネルギーは即効性に優れており、効果の持続性もある。短期的にも長期的にも効果を発揮できる。省電力・省エネルギーの促進は国民経済的にメリットが大きい。

LED 照明は導入時のコスト負担が大きいことから、さまざまな導入支援策が実施されている。しかし、支援対象として、太陽光発電や断熱リフォームなどとセットで LED 照明を扱っていることが多く、普及促進のためには LED 照明を前面に出した支援制度の拡充・強化が必要である。例えば、一般家庭は初期費用に敏感であるため、エコポイントのような購入時に割引く導入支援策が有効であろう。一方、企業に対しては、大きな投資負担を軽減するために、省エネ投資に対する税制優遇や補助金制度が効果的と考えられる。

はじめに

3 月 11 日、東北地方を中心に未曾有の大震災が発生した。これによりエネルギー供給には大きな混乱が生じた。計画停電の実施や、ガソリン・灯油などの燃料不足により、エネルギーが経済・社会生活に不可欠なものであることがあらためて再認識された。しかし、こうした混乱はやがて被災地復旧とともに解消されることであろう。むしろ、より深刻な

問題は原子力発電である。地震の影響により福島第一原子力発電所で重大事故が誘発された。原子力発電は日本のエネルギー・環境政策の要（かなめ）であり、「エネルギー基本計画」にも、供給安定性、環境適合性、経済効率性の 3E を同時に満たす基幹エネルギーとして位置づけられていたことから、エネルギー・環境に関する中長期戦略は大きな見直しを迫られることになるだろう。

原子力発電の代替として、太陽光発電、風力発電などの再生可能エネルギーへの期待が高まっている。再生可能エネルギーの促進は重要ではあるが、コストや供給安定性など課題も多い。一方で、消費サイドにおける省電力も重要であることを忘れてはならない。本稿では、消費サイドにおける省電力の一例として、LED（発光ダイオード）照明を取り上げる。LED 照明は、2000 円～3,000 円程度（LED 電球）と従来の白熱電球や蛍光灯などに比べてまだ高価ではあるが、省電力効果も大きい。LED 照明に関する費用対効果の試算を行い、供給サイドの対策との比較を行った。

1. LED（発光ダイオード）照明の現状

1.1 LED 照明の特徴

LED（Light Emitting Diode；発光ダイオード）照明は、光を発する半導体を使用した照明器具であり、ろうソク、白熱電球、蛍光灯に続く第 4 世代の照明として注目されている。1960 年代には、赤色と黄緑色の LED が開発され、主に表示用として使用されていた。しかし、1993 年の青色 LED の開発によって、1996 年には白色 LED が開発され、これにより一般照明用としての実用化が大きく進んだ。

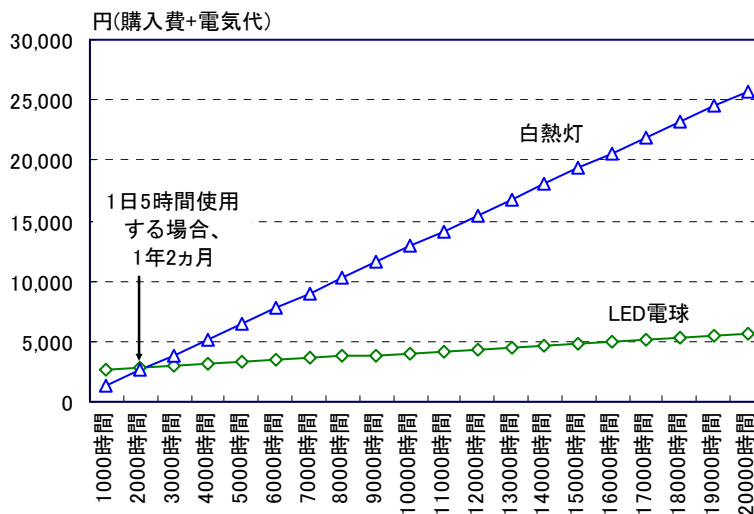
図表 1 各電球型照明の特徴

	LED 電球	電球型蛍光灯	白熱灯
消費電力 (W)	7	12	54
寿命 (時間)	40,000	6,000	1,000
実勢価格 (円)	2,500	1,000	100

LED の最も大きな特徴はその寿命が 2～4 万時間と長いことであり、白熱電球の数十倍、蛍光灯の数倍以上である。1 日あたり 10 時間使用した場合で約 10 年間交換が不要となる。一度設置すれば電球交換のような保守の手間が省け、部品や器具の購入コストも削減できる。また、電力の多くが発光に使われるため、発光効率（ルーメン/W）が高い。従来の白熱照明と比べると、同じ明るさを作るのに必要な電力が 8 分の 1 程度と少ない。しかし、最大の難点はその価格である。2009 年にシャープが従来の半分の価格の商品を発売してから一気に低価格化が加速しているものの、電球形 LED の現在の価格は 2,000～3,000 円と白熱電球の約 100 円や電球型蛍光灯（CFL：Compact Fluorescent Lamp）の 1,000～1,500 円に比べて高い。とはいえ、初期コストはかかるが、ランニングコストを低く抑えられることから（長寿命・省電力）、照明を 1 日 5～10 時間使用する場合、白熱灯を LED 電球に

交換することにより購入費用を半年から 1 年で回収することができる。

図表 2 白熱灯と LED 電球のコスト比較



1.2 LED 照明の技術・市場動向

現在商品化されているものは、電球形 LED ランプ (LED 電球) と直管形 LED ランプである。電球形 LED ランプは一般白熱電球からの代替、直管形 LED ランプは直管形蛍光灯からの代替を目的として開発されたものである。しかし、ランプの取替えには、口金 (ランプをソケットにはめ込む部分) の互換性が必要である。

LED 電球は、一般白熱電球の口金 (E26¹⁾) 及びミニクリプトン電球の口金 (E17) で商品化されており、ほとんどの場合、ランプの取替えに追加的な部品や工事が不要である。一方、直管形 LED ランプの場合は、多くの製品で一般的な直管形蛍光灯の口金 (G13²⁾) と同じであるが、点灯方式に互換性がないため、推奨外ランプの誤挿入による過熱、発煙などの危険性がある。また、G13 口金仕様ランプの重量制限 (500g、JIS 規格による) を超える直管形 LED ランプも流通しており、誤挿入によるランプ落下の危険性も指摘されている。これらの問題を解決するため、2010 年 10 月に (社) 日本電球工業会によって一部の点灯方式に対する規格 (JEL801) が策定され、一般消費者が安心して直管形 LED を選択、使用できる環境が整いつつある。このように、従来のランプを LED ランプに交換する場合には、照明器具の取替えや工事が発生する場合もあり、現状ではランプ交換に対する障壁が存在するのも事実である。しかし、技術開発や規格の制定・統一によって、様々なタイプの照明器具に対応した商品ラインナップの充実が期待される。

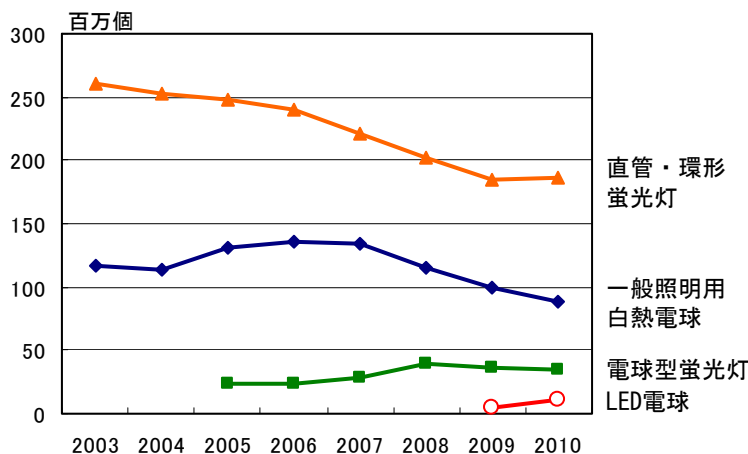
現在では、手軽に交換が可能な LED 電球の導入が先行している。LED 電球は特に、価格の低下が目覚しく、2 年前には 1 個 7,000~8,000 円程度だったものが、現在は 2,000~

¹ 「E26」の「E」は回し込みタイプ (ねじ込み式) の口金を示しており、一般家庭でよく使われる電球口金の規格である。「26」は口金の径 (直径 mm) の大きさを示している。

² 一般的な直管形蛍光灯の口金の規格。4~8W 程度の細めものは「G5」の口金が使われる。そのほか、110W の太めものは「R17d」、Hf 蛍光灯 (高周波点灯蛍光灯) 用の「RX17d」などの規格もある。

3,000 円、なかには 1,000 円を切るものも販売されている。2009 年度の LED 電球の国内販売数は 400~500 万個であったが、2010 年度には 1,100 万個にまで拡大している。なお、本年 4 月には月間販売数のシェアが約 30% に達して電球型蛍光灯の販売数を上回り、さらに 5 月第 4 週にはシェア 40% を超えて白熱電球をも上回ったと言われている。

図表 3 電球・ランプの販売個数



出所) 経済産業省「生産動態統計」等

LED 照明市場は、新規参入企業が多いことが特徴の一つである。元来、LED 技術は半導体産業の分野であり、半導体メーカーが市場の成長性を見込んで参入するケースが多い。大手照明器具メーカーと合わせると、数十社が商品を投入しており、競争も激しくなっている。台湾、中国、韓国など海外企業の参入も少なくない。また、価格競争の一方で、調光・調色機能を装備した LED 照明も商品化されるなど、多様な消費者ニーズに対応した技術革新も進んでいる。こうしたことから、更なる市場拡大が予想され、同時に量産効果による価格の更なる低減も期待される。

2. 照明用電力消費量の現状推計

照明はその用途・場所によって、使用される電球・ランプの種類も変わってくる。白熱電球は、暖かみのある落ち着いた雰囲気演出する。そのため、リラックスできる寝室やリビング、浴室・洗面所などで使われることが多い。家庭以外では、飲食店やホテルなどでも多用されている。一方、蛍光灯は明るい光で洗練された雰囲気演出する。明るさが強いことから、作業用途に向いており、オフィスや工場などで使われる。家庭内でもリビングやキッチンなどで用いられる。HID (High Intensity Discharge : 高輝度放電) ランプ (水銀灯やナトリウム灯など) は光が強く、大規模空間に適しており、街路灯やスポーツ施設などでよく使われる。

現在使用されている電球・ランプの総数は、日本全体で 16.0 億個程度と推計される。部門別には、家庭が最も多く 8.7 億個、次いでオフィス・商業ビルなど業務部門が 5.8 億個、

製造業などの産業部門が 1.6 億個となっている。器具別には、蛍光灯が最も多く 10.3 億個、次いで白熱灯が 3.4 億個、電球型蛍光灯が 2.1 億個である。

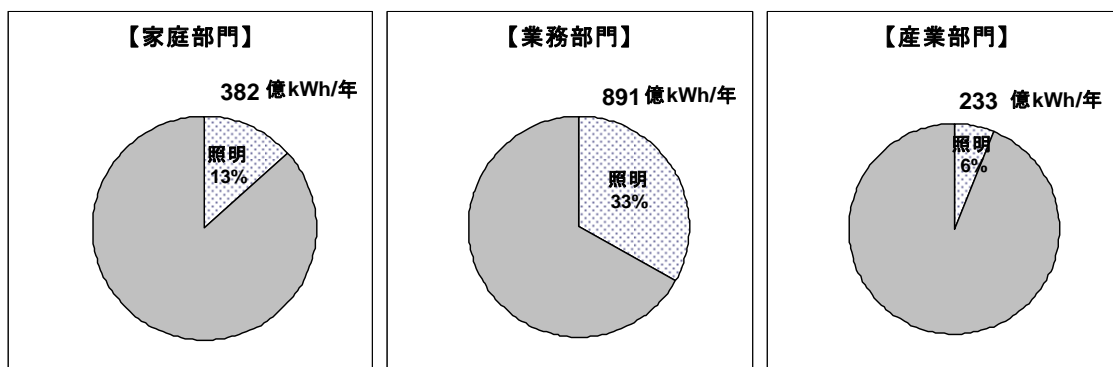
図表 4 現在使用されている電球・ランプの個数（推計）

	家庭部門	業務部門	産業部門	合計
蛍光灯	4.6 億	4.2 億	1.5 億	10.3 億
電球型蛍光灯	1.5 億	0.6 億	-	2.1 億
白熱灯	2.5 億	0.8 億	-	3.4 億
HID（水銀灯など）	-	0.1 億	0.1 億	0.2 億
合計	8.7 億	5.8 億	1.6 億	16.0 億
電力消費量	382 億 kWh	891 億 kWh	233 億 kWh	1,506 億 kWh

注) LED 照明は現状では普及し始めたばかりであり、電力消費量も小さいことから、推計からは除外した。

照明による年間の電力消費量を推計すると、家庭用が 382 億 kWh、業務部門が 891 億 kWh、産業部門が 233 億 kWh となり、業務部門が最も多い。個数では家庭部門は最も多いが、使用時間の違いにより、業務部門が照明需要の半分以上を占めている。日本全体では、合計 1,506 億 kWh の電力が照明用途に使用されており、電力需要の 16%を占めている。種類別では、蛍光灯が 69%、電球型蛍光灯が 3%、白熱灯が 21%、HID ランプが 7% の割合となっている。

図表 5 部門別の照明用電力消費量の比率



3. LED 照明の費用対効果

3.1 省電力ポテンシャル

LED 照明は省電力に優れているが、価格が高いのが難点である。しかし、近年価格低下が進んできたこともあり、ようやく普及し始めようとしている。そこで、仮に日本全体の白熱灯、蛍光灯及び HID ランプが、すべて LED 照明に置き換わった場合の省電力量を試算する。白熱灯は LED 電球に、直管形蛍光灯は直管形 LED に、環形蛍光灯は LED 照明

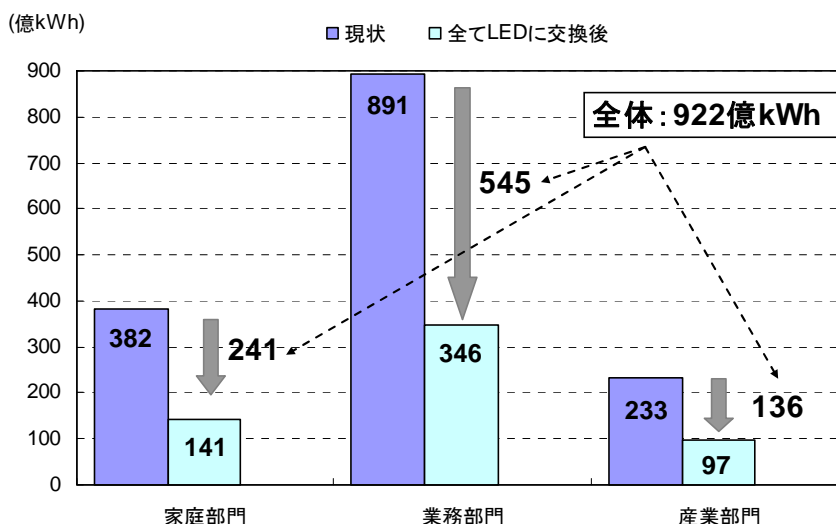
器具に、HID ランプは LED メガライトにすべて置き換えるものとする³。照明の大きさ（消費電力）や価格は用途によって多種多様であるが、ここでは標準的なランプを想定して試算を行っている。

図表 6 照明ランプの消費電力と価格の想定（1 個当たり換算）

変更前	W 数	価格		変更後	W 数	価格
白熱灯	54W	100 円	⇒	LED 電球	6~8W	2,000~3,000 円
蛍光灯（直管）	45W	500 円	⇒	LED（直管形）	20W	10,000~25,000 円*
蛍光灯（環形）	35W	700 円	⇒	LED 照明器具	18W	7,000~15,000 円
HID ランプ	200W	6,000 円	⇒	LED メガライト	50W	100,000 円*

※ 取り付けに係る器具交換および工事費用を含む。

図表 7 LED 照明による最大省電力ポテンシャル



全照明の LED 化⁴によって、年間照明用電力消費量の 61%にあたる 922 億 kWh の電力消費量を削減できると試算された。これは、我が国の総電力消費量の約 9%に相当する。部門別の削減ポテンシャルは、家庭部門で年間 241 億 kWh、業務部門で同 545 億 kWh、産業部門で同 136 億 kWh となった。

なお、削減される 922 億 kWh の電力消費量は、原子力発電所 13 基（1,300 万 kW）が発電する量に匹敵する。また、太陽光発電で言えば 8,800 万 kW⁵、風力発電では 5,300 万 kW の発電量に相当する（2009 年度導入実績は、それぞれ 263 万 kW、219 万 kW）。これ

³ 現在、環形 LED は商品化されていないため、環形蛍光灯からの直接的な交換はできない。また、直管形蛍光灯から直管形 LED への交換にも照明器具全体の交換を伴う場合がある。

⁴ 電球型蛍光灯から LED 電球の置き換えは、節電効果が限定的なため試算から除外した。

⁵ 我が国の全ての戸建て住宅約 2,500 万戸に導入した場合の設備容量は約 7,500 万 kW である。

らの設備を導入する場合、その敷設面積はそれぞれ 880km² (東京都面積の 4 割)、3,090km² (同 1.4 倍) が必要になる。LNG 火力発電で見た場合、燃料の LNG を毎年 1,350 万トン追加で輸入することに相当する (2010 年度輸入実績 7,560 万トン)。

3.2 全照明の LED 化のコスト

LED 照明の交換に係る費用は将来的に低減されるものと見込まれるが、現在の費用に基づいた試算によると、全照明の LED 化にかかる初期費用は 15 兆 7,000 億円となる。蛍光灯からの置き換えが最も費用がかかり 13.1 兆円、次に HID からの交換費用は 1.8 兆円、白熱灯からの交換費用は 8,500 億円となる。一方、LED による省電力量に相当する電力量を太陽光発電で対応する場合には、導入コストは 53 兆円、風力発電の場合は 13 兆円が必要となる⁶。また、LNG 火力の場合、追加的に毎年 6,800 億円の燃料輸入コストがかかる計算になる。

図表 8 全照明の LED 化に伴う初期費用と代替電源 (922 億 kWh 分) のコスト

	必要導入量	初期コスト		単価 (円/kWh)	CO ₂ 排出量 (百万 t-CO ₂)
		(兆円)	年間コスト (10 年)		
LED 化	14億個	15.7	1.6	17.0	-
太陽光	8,800万kW	52.6	5.3	57.1	-
風力	5,300万kW	12.6	1.3	13.7	-
LNG 火力	1,350万t-LNG/年	-	0.7	7.3	36
原子力	13基(1,300万kW)	-	-	-	-

注)コスト試算は、太陽光は家庭用の場合、風力は陸上の場合。大規模導入に伴う系統安定対策費用は含まれていない。

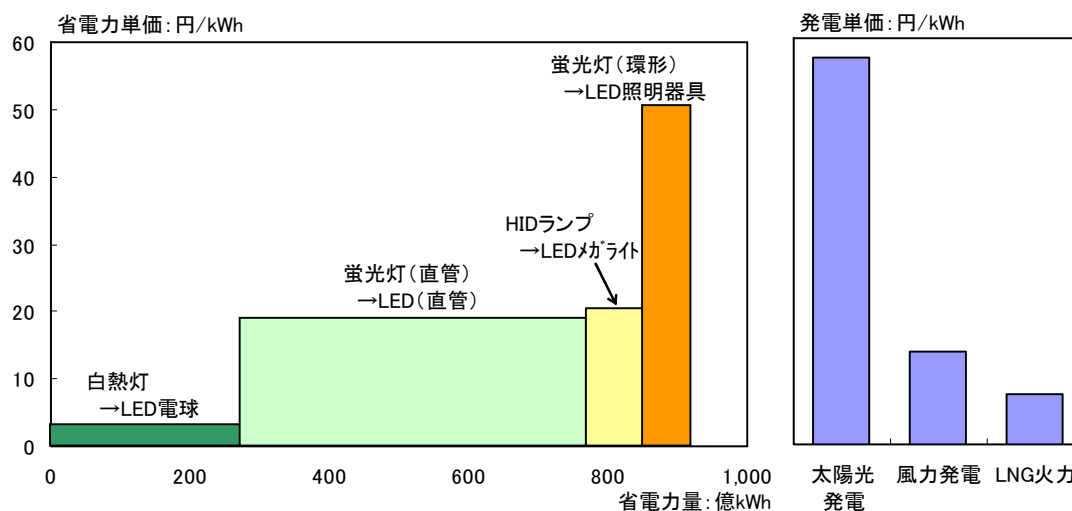
より分かりやすくするために、それぞれのコストを kWh 当りに換算することにする。ここでは単純に使用期間を 10 年間とした場合で計算した。このとき、LED 化による電力削減コストは 17.0 円/kWh となる。一方、同等の電力供給を増加させる場合の発電コストは、太陽光発電で 57.1 円/kWh、風力は 13.7 円/kWh となる。LED 化のコストは太陽光発電に比べて圧倒的に安い、風力発電よりはやや高い。しかし、大規模導入に伴う系統安定対策費用は含まれていないことに留意が必要である。LNG 火力の場合は、追加的な発電コストは 7.3 円/kWh となり、さらに安くなる。しかし、これも毎年 3,600 万トンの CO₂ を排出することになり (1990 年比で約 3%)、地球温暖化問題への配慮も考えなければならない。

上記の試算は、すべての照明を LED 化した場合であるが、LED 電球についてはコスト低下が進んでいるものの、直管形 LED については現時点ではまだ価格も高いことから、な

⁶ 太陽光は家庭用の場合、風力は陸上の場合。大規模導入に伴う系統安定対策費用は含まれていない。

なかなかコストメリットが得られにくい。LED 電球の価格は 1 個 2,000~3,000 円程度で、白熱電球から交換した場合、電気代の低減で十分に元が取れる計算である⁷。一方、直管形 LED などは、器具交換や工事費などを含めると 1 本当たり 1 万円以上と費用が高く、蛍光灯や HID ランプから交換してもすぐには元が取れない。とりわけ、保有個数の多い直管形蛍光灯からの交換は省電力効果も大きいいため、直管形 LED の早期の低コスト化が望まれる。

図表 9 LED 照明の省電力コストと省電力ポテンシャル



そこで、より現実的に白熱灯のみがすべて LED に置き換わった場合の省電力効果を見定める。省電力効果は、273 億 kWh (総電力消費量の約 3%) で、原子力 4 基分 (400 万 kW) の発電量に相当する。交換費用は総額 8,500 億円で、電力削減単価は 3.1 円/kWh、LNG 火力の発電コストよりも小さくなる。

図表 10 白熱電球の LED 化に伴う初期費用と代替電源 (273 億 kWh 分) のコスト

	必要導入量	初期コスト (兆円)		単価 (円/kWh)	CO ₂ 排出量 (百万 t-CO ₂)
		初期コスト	年間コスト (10 年)		
LED 化	3億個	0.8	0.1	3.1	-
太陽光	2,600万kW	15.6	1.6	57.1	-
風力	1,600万kW	3.7	0.4	13.7	-
LNG 火力	400万t-LNG/年	-	0.2	7.3	11
原子力	4基(400万kW)	-	-	-	-

注)コスト試算は、太陽光は家庭用の場合、風力は陸上の場合。大規模導入に伴う系統安定対策費用は含まれていない。

⁷ 初期コストとランニングコストから計算した省電力費用 (主観的投資回収年数を 5 年と想定) は▲16.0 円/kWh で、いわゆるネガティブコストになっている。

LED 照明による省電力量ポテンシャルは十分に大きく、これに相当する電力量を供給サイドで対応する場合には発電コストや安全性確保などの課題がある。一方、LED 照明の導入、特に白熱灯からの交換は今すぐ実施できるものであり、経済的にもメリットが大きい。

4. LED 普及促進政策について

政府は 2012 年にまでに白熱電球の製造販売を中止する要請を発表し、それを受けて既に一部の白熱灯の製造を中止するなど、主要メーカーでは自主的な対応を行っている。このように、白熱灯から LED 電球（あるいは電球型蛍光灯）への切り替えは加速していくものと考えられる。さらに、初期費用の回収年数は 1~2 年程度と短く、経済的メリットも大きい。しかし、蛍光灯からの切り替えについては、初期費用の回収年数が 10 年程度と長いなどコスト負担が大きく、普及へのハードルが高い。

図表 11 LED 照明の費用

	1 個当たりの価格	初期費用の回収年数
白熱灯 ⇒LED 電球	2,000~3,000 円	1年5ヶ月
蛍光灯（直管） ⇒LED（直管）	10,000~25,000 円※	9年11ヶ月
蛍光灯（環形） ⇒LED 照明器具	7,000~15,000 円	18年6ヶ月
HID ランプ ⇒LED メガライト	100,000 円※	10年11ヶ月

※ 取り付けに係る器具交換および工事費用を含む。

LED 電球は、経済的メリットがあるとはいえ、購入価格（初期費用）が高いことが難点である。蛍光灯型 LED も含めて、LED 照明は導入時のコスト負担が大きいことから、国や地方自治体では、さまざまな導入支援策を実施しているところである。しかし、支援対象として、太陽光発電や断熱リフォームなどとセットで LED 照明を扱っていることが多く、LED 照明のみを対象とした支援策は少ない。普及促進のためには、LED 照明を前面に出した支援制度の拡充・強化が必要である。例えば、一般家庭は初期費用に敏感であるため、エコポイントのような購入時に割り引く導入支援策が有効であろう。欧米諸国では、電球型蛍光灯など省エネランプを無料配布する政策が実施されているところもある。一方、企業に対しては、大きな投資負担を軽減するために、省エネ投資に対する税制優遇や補助金制度が効果的と考えられる。

まとめ

東日本大震災後、原子力発電の代替として火力発電や再生可能エネルギーによる発電が議論の中心になることが多い。しかし、消費サイドにおける省電力も非常に重要であることを忘れてはならない。本稿では、消費サイドにおける省電力の一例として、LED 照明を取り上げて、供給サイド（電源開発）に比べて費用対効果で優れていることを示した。白

熱灯の LED 化に必要な費用は、その省電力量に相当する電力を電源開発によって供給する場合に比べて格段に安い。一方で、蛍光灯から置き換える場合には、対応する LED ランプ（照明器具、工事費用を含めて）のコスト低下、あるいは更なる電力消費効率の向上が大きな課題であることが浮き彫りになった。

今回の試算のように既存の照明ランプを全て LED 照明に取り替えるまでには、相当の時間がかかることは事実である。その時間を短縮するためには、導入時のコスト負担を低減するような国や地方自治体の導入支援策の拡充・強化が必要である。このような支援策があれば、LED 照明の導入ポテンシャルは大きく、参入企業も多いことから、市場規模は急速に拡大していくと見込まれる。市場拡大とともに、量産効果による価格低減が顕在化してくれば、導入時の障壁も緩和されてくるだろう。

電源開発や代替電源の促進など供給サイドの対策は、多額の初期投資がかかるだけでなく、建設用地の確保、近隣住民の理解や設置期間（稼動までのリードタイム）なども考慮しなければならない。一方、消費サイドにおける省電力対策はより低コストであり、明日から始められるものも多い。LED 電球への交換はその好例であるが、本論では取り上げていない家電製品などでも省電力ポテンシャルは大きいと見込まれる（付論参照）。省エネルギーは即効性に優れており、効果の持続性もある。短期的にも長期的にも効果を発揮できる。省電力・省エネルギーの促進は国民経済的にメリットが大きいことから、省エネ機器の導入促進政策をさらに充実させることが重要である。

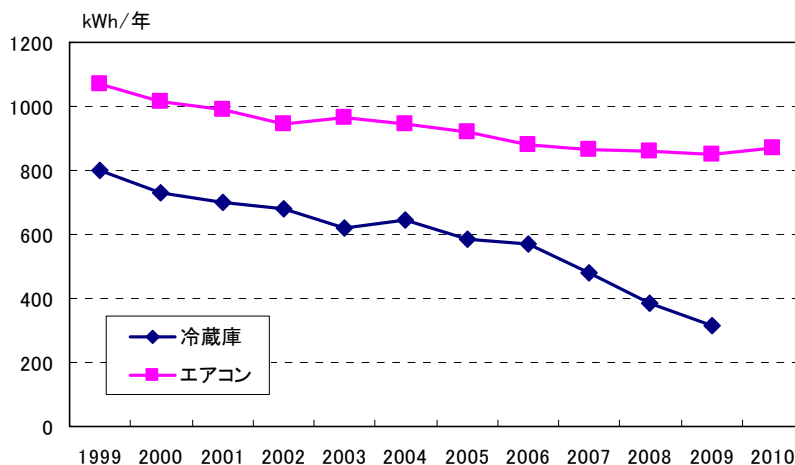
参考文献

- ・ 「省エネルギー 2011 年 4 月号、特集 LED の普及拡大と技術進化」財団法人省エネルギーセンター
- ・ 「エネルギー・資源 2011 年 5 月号、特集省エネルギー照明技術の最新動向」一般社団法人 エネルギー・資源学会
- ・ 「あかりの省エネ」社団法人 日本電球工業会
- ・ 「白色 LED の技術ロードマップ」LED 照明推進協議会
- ・ 「照明器具業界の新成長戦略」社団法人 日本照明器具工業会
- ・ 各照明ランプ・器具メーカー等ホームページ

付論：家電製品の省電力ポテンシャル

我々は照明のほかにも多くの家電機器に囲まれた暮らしを送っている。その中でも、エアコンや冷蔵庫の電力消費量は大きい。しかし、トップランナー制度の導入以降、これらのエネルギー消費効率は顕著に改善されている。例えば、10 年前に販売されていた製品と比較すると、現在の製品はエアコンで 20%、冷蔵庫は 60% もエネルギー消費効率が改善されている。

エアコン・冷蔵庫の年間電力消費量の推移

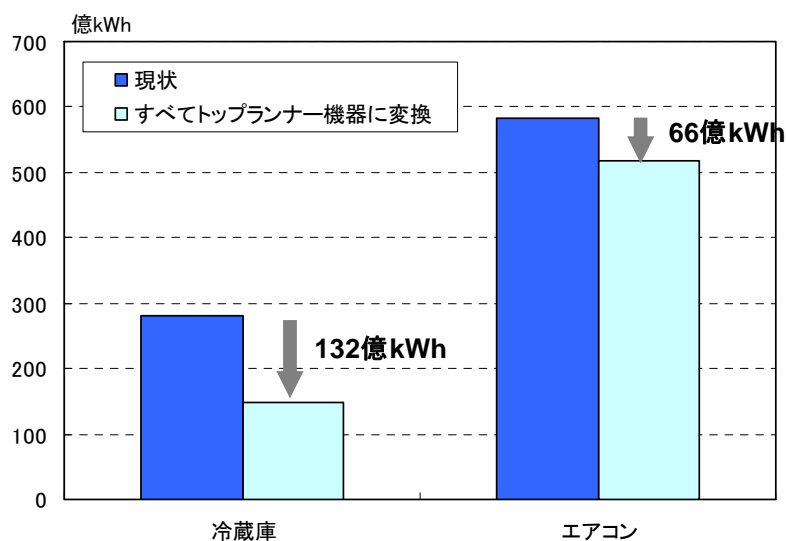


出所) 資源エネルギー庁「省エネ性能カタログ」

注) エアコン: 冷房能力 2.8kW クラス (8~12 畳用)、冷蔵庫: 定格内容積 401~450L クラス

仮に、各家庭に保有されている全てのエアコン及び冷蔵庫を現在のトップランナー製品に置き換えた場合、省電力量は、エアコンで 66 億 kWh、冷蔵庫は 132 億 kWh になると推計される。これらの省電力量は、家庭部門における電力消費量のそれぞれ 2%、5%に相当する。両家電機器の省電力量合計 (198 億 kWh) は、先に試算した家庭部門における照明の省電力ポテンシャル(241 億 kWh)に匹敵する規模である。また、我が国の総電力消費量の約 2%に相当し、原子力発電所 3 基、または太陽光発電 1,900 万 kW が発電する量に相当する。

エアコン・冷蔵庫の省電力ポテンシャル



お問い合わせ : report@tky.ieej.or.jp