

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

技術普及編

情報化社会の進展がエネルギー消費に与える
影響（Vol.1）

－ IT 機器の消費電力の現状と将来予測－

平成 31 年 3 月

Impact of Progress of Information Society on Energy Consumption (Vol.1):

Current Status and Future Prospects for Power Consumption of IT Equipment

Strategy for Technology Development

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies

国立研究開発法人科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター

LCS-FY2018-PP-15

概要

情報化社会の進展に伴って、従来の予想を超える膨大なデータが取り扱われるようになり、この傾向は今後も拡大すると考えられる。これに伴い、エネルギー消費がどのような影響を受けるかを 2050 年までを視野に入れ、調査、ヒアリングなどにより検討した。その結果、世界の情報量（IP トラフィック）は 2030 年には現在の 30 倍以上、2050 年には 4,000 倍に達すると予想され、現在の技術のまま、まったく省エネルギー対策がなされないと仮定すると、情報関連だけで 2030 年には年間 42PWh、2050 年には 5,000PWh と、現在の世界の消費電力の約 24PWh を大きく上回る予測となった。すなわち、技術進歩がなければ情報関連だけで世界の全てのエネルギーを消費してもまだ不足するという事態になりうる。

Summary

With the development of the information society, tremendous data exceeding traditional expectations will be handled, and this trend will continue to expand in the future. Along with this, we examined how energy consumption will be affected by the expansion of the data through a survey, interviews etc. with a view to 2050. As a result, it is expected that the world information volume (IP traffic) will reach 30 times more than the present in 2030 and 4,000 times in 2050. Assuming that the related technology stays at the present level, electric power consumption concerning information will reach 42PWh annually in 2030 and 5,000PWh in 2050, which is much greater than the current world electricity consumption of about 24PWh. This means that the whole world energy will not be sufficient to support the energy necessary for the IT society without technical progress.

目次

概要

1. はじめに	1
2. データ処理量の増大.....	1
3. IT 機器の消費エネルギーデータ	3
3.1 総論	3
3.2 データセンターの消費電力	4
3.3 エンドユーザー関連消費電力	7
3.4 ネットワーク関連の消費電力	9
4. 主要 IT 機器の消費電力のまとめ	11
4.1 グリーン IT 推進協議会報告	11
4.2 データの増加をベースとした予測（LCS 推計）	11
5. 政策立案のための提案.....	12
参考文献.....	13

1. はじめに

Society 5.0 とか Industry 4.0 などという言葉で表される情報化社会の進展、特に IoT や AI の拡大、ビッグデータ利用の拡大、今後導入されるであろう自動運転などに伴って、従来の予想をはるかに超える膨大なデータが取り扱われるようになり、この傾向は今後も持続すると考えられる[1]。

このデータ処理の増大に伴い、IT 機器（コンピュータ、ネットワーク関連機器、端末）等の数量とそれらの消費電力も加速度的に増大すると推定される。また、データ処理はクラウドにより大規模データセンターに集約される傾向にあり、これに伴いデータのトラフィックも加速度的に増大し、通信のための消費エネルギーも増大している。

一方で、AI や IoT の活用により、より合理的なプロセスの採用が可能になり、省エネルギー効果が期待できる。したがって、情報化社会の消費エネルギーを考えるとときには、IT 機器自身の消費エネルギーの問題と、IT 機器を導入することによる省エネルギーの 2 つの側面から考える必要がある。

この問題はグリーン IT と称され、詳細な解析が 2013 年にグリーン IT 推進協議会の総合報告書として報告されている[2]。これによると、IT 機器導入により消費エネルギーが増大するものの、IT 機器による省エネルギー効果（グリーン部分）はそれを上回り、2025 年時点で日本では 490TWh、世界では 11PWh の省エネ効果が見込まれるとしている。さらに IT 機器自身も省エネ技術が進み、その削減効果は日本で 100TWh、世界で 1.9PWh とされている。

この報告書は世界の GDP の成長率に比例した機器の導入数の増加とそれによる消費エネルギーの増加を予測した労作である。ところが、この予測がなされた 2008 年以降にビッグデータ、IoT などが普及しはじめて GDP の増加率よりはるかに大きな情報量の増大が生じ、この報告の予測時とは大きく状況が異なってきた。

そこで、本提案書では、GDP の増加率ではなく、情報量の増大をベースとしたエネルギー消費の変化を推測することにした。

具体的には情報化社会の進展に伴い、エネルギー消費がどのような影響を受けるかを 2050 年までを視野に入れ、前述の報告書を参考に、調査、ヒアリングなどにより検討した結果を報告する。提案書は 3 部構成とし、最初にデータ増加が IT 機器消費電力に与える影響を定量的に調査し、ついでその消費エネルギーを抑えるための技術課題、研究動向を報告し、最後に情報化社会の進展による省エネルギー効果をいくつかの応用分野について検討し、IT 機器全体としては、エネルギー消費にどのような影響を与えるのか、定量的に検討する予定である。

シリーズの一番目である本提案書では処理データの増加量を推測し、これを処理するための IT 機器の消費エネルギーを、現状技術をベースとして予測する。

IT 機器のエネルギー消費については、データセンター、ネットワーク、エンドユーザーデバイスに分けて検討する。これら関連機器は多数あるので、これらのうちエネルギー消費量の大きい主要設備、機器について現状の導入機器数、消費エネルギーから全体の消費エネルギーを推定する。

2. データ処理量の増大

前提となるトラフィックであるが、わが国では図 1 のように特に 2014 年以降急速に伸びている。これは HD 映像などの高品質コンテンツの増加や、医療、政府情報などデジタルデータの増加などが要因として指摘されている。今後も行政、金融、ショッピングなどのオンラインサービスは増加の一途をたどると考えられる[1]。

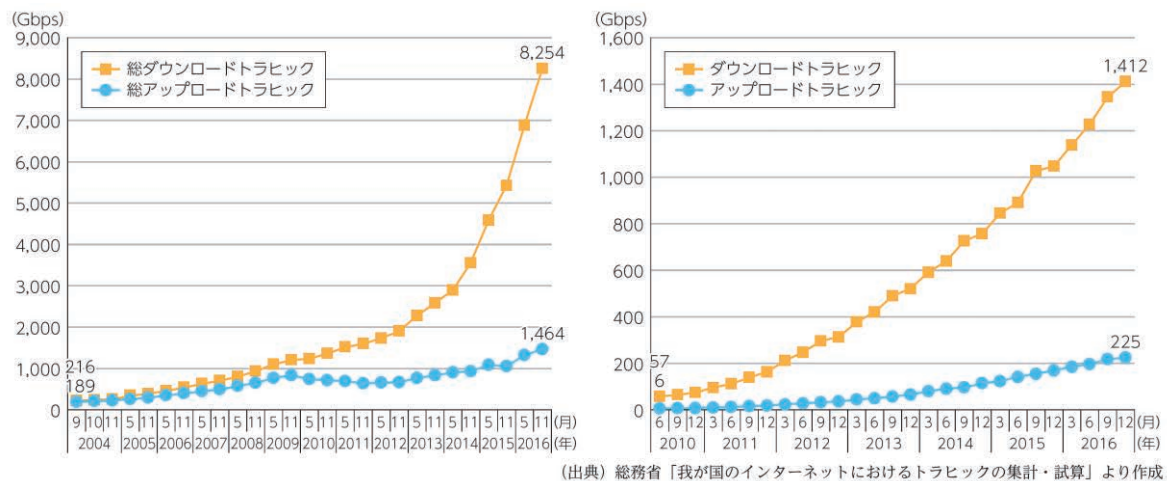


図 1 わが国のトラフィックの推移（左：ブロードバンド、右：移動体通信）[1]

世界のトラフィックについては図 2 のように年平均で 20%以上の急激な増加を示しており、今後 5 年間の年平均成長率は 24%と見積もられている。特にモバイルデータの伸びが急激な増加をすると推定されている[3]。

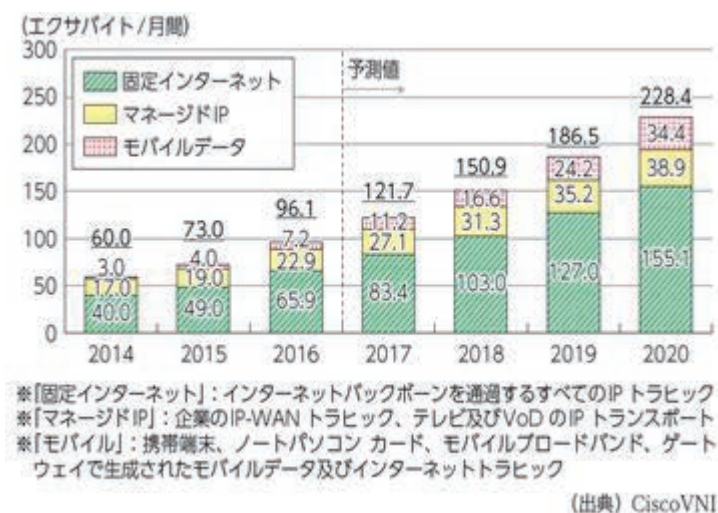


図 2 世界のトラフィックの推移[4]

また 2008 年以降、ほとんどのインターネットトラフィックはデータを大量、高速に効率的に処理できるデータセンターにおいて送受信され、今後しばらくもこの状態は変わらないだろうといわれている。またデータセンタートラフィックの 90%はクラウドトラフィックが占めるといわれている。そしてデータセンターは世界の各地におかれているため、データ処理の観点からは国内と世界を分けることは難しい。

この分野の技術革新、システムの進化は著しく、現在の形態が将来にわたって継続するともいえないが、とりあえずは、トラフィックの平均増加量が将来にわたって一定であるとして将来の推計値とする。Cisco[3]によれば現在世界のデータセンターIP トラフィックは 4.7ZB (10^{21} B) といわれており、トラフィック量は平均増加量 (CAGR) として 27%/年である。これから 2020 年には 15.3ZB と推算されている。同様の計算により、2030 年には 170ZB、2050 年には 20,200ZB のトラフィックが見込まれる。この内訳は表 1 のようになる。

表 1 IP トラフィックの増加予測[3]

	2015	2020	CAGR
データセンターからユーザ	744 EB/年	2,183 EB/年	24%
データセンター間	346	1,381	32%
データセンター内	3,587	11,770	27%
合計	4,678	15,335	27%

これらの数値を前提として検討する。

3. IT 機器の消費エネルギーデータ

3.1 総論

2016 年度エネルギー白書によれば、2015 年度の日本の総電力使用量は 911.4TWh (3,281PJ) である。これは日本の総エネルギー消費量 (2015 年度：13,548PJ) の 24.2%にあたり、一次エネルギーからの変換効率を勘案すると、総一次エネルギー供給量 (2015 年度：19,810PJ) の 37.7% (7,463PJ) を電力供給に費やしている[5]。

また、安全で使いやすいことや、電子・情報機器の普及拡大に伴い、エネルギーの消費形態として、電気は今後もさらなる消費の増大が見込まれていることから電力消費はエネルギー消費の最重点問題といえる。

表 2 ICT 機器の CO₂原単位[6]

ICT 機器	原単位 (kg-CO ₂ /年/台または回線)	原単位 (kWh/年/台または回線)
デスクトップ PC	71.4	197
ノート PC	27.8	77
CRT ディスプレイ	67.5	186
液晶ディスプレイ	21.9	60
プリンタ	74.7	206
サーバ (ミッドレンジ)	1,066	2,937
サーバ (WS)	793	2,185
移動通信機器	1.4	3.9
固定電話	14.2	39
ファクシミリ	12.2	34
ブロードバンド回線	106	292

最初に、IT 機器関連の消費電力が全体の何%程度にあたるのかを算出する。現在の主要 IT 機器による消費電力については表 2 のようにまとめられている。現在使用されている IT 機器数と平均消費電力から IT 機器全体の消費電力を算出する。

現在国内での IT 機器の使用台数については直接的なデータはない。そこで毎年の IT 機器の国内生産台数と輸入台数を加えて年毎の販売台数とし、各機器の平均耐用年数から、使用台数を推定する。

なお、データセンターなどでは CPU の機能維持の目的で空調が導入されており、その消費電力が極めて大きいことが指摘されている。そこでデータセンターでは消費電力を CPU の消費電力

に空調用電力を加えたものとする。

3.2 データセンターの消費電力

データセンターの消費電力をまとめたデータはあまりなく、特定のデータセンターの規模と消費電力の関係を基にしてデータセンターの規模別に比例関係を仮定して推定するか、または個別機器の平均消費電力と設置数から推定することになる。

(1) データセンター数とその消費電力からの推計

① ヒアリング情報など[7]

超大規模	: 300MW×20 (アマゾン、グーグル、マイクロソフト、アップル、バイドゥ、アリババ、テンセント)	= 6,000MW =	6GW
大規模	: 50MW×200 =		10GW
中規模	: 5MW×2,000 =		10GW
小規模	: 0.5MW×20,000 =		10GW
合計	:		36GW

年間稼働時間は 8,760 時間として 315,360GWh=315TWh (約 300TWh) と推算される。規模別のデータセンター数の比率は中国のデータセンターの規模別数が、面積が一桁変化すると設置数が一桁変化する傾向にあることを参考にした (CDCC, Chinese Data Center Council)。将来的には 10⁵ を超える数になるという説もある[8]。

現在米国のデータセンターは米国年間消費電力 (4,129TWh (2015)) の 5% (=206TWh)、日本のデータセンターの消費電力は日本の年間消費電力 (994TWh (2015) 2016 年度: 資源エネルギー庁資料[5]) の 1% (=9.9TWh) という情報もある。さらに中国は米国の 1/3 (=68.8TWh)、日本は中国の 1/3 (=23TWh) という情報もある。現在のデータセンター数の資料として中国の CDCC によると米国は世界の 44%、中国が 10%、日本が 5%というものがあり、数値としてこのあたりが妥当かと思われる。

以上をまとめると、日本国内のデータセンター電力消費量はやや幅があるが 10~23TWh (2015) と見積もられる。また世界では約 300TWh という数値は日本の消費電力量から見るとありうる数値と思われる。この消費エネルギー (300TWh) は、現在の世界の消費エネルギーが 131 億石油換算 t (2015 年、548EJ、152PWh)、世界の消費電力が 23.8PWh であることから、電力消費の 1.3%、変換効率 (35%) を加味して世界の消費エネルギーの 0.6%を占める。

② MIC 経済研究所[9]

日本国内では 110 拠点のデータセンター消費電力量として 15TWh、10MW/拠点となる。日本の総電力使用量の 1.5%である。

③ NTT ファシリティーズ[10]

データセンターには、サーバやネットワーク機器など、ICT 機器が大量に集積している。そこでは膨大な電力が使用されており、世界全体のエネルギー需要に対して約 2%がデータセンターだといわれている (476TWh)。しかも、それが年間 10%ずつ増大している。

(2) 個別機器からの推定

①グリーン IT 推進協議会報告[2]

機器としてサーバ（ボリューム、ミドル、ハイエンド）、ストレージ、ネットワークとし、それぞれの設置台数、消費電力からデータセンターの機器の消費電力を推計。さらにデータセンターの消費電力はこれに PUE（Power Usage Effectiveness=データセンター全体の消費電力/IT 機器の消費電力）を掛けて算出する。技術革新ケースの PUE は 1.9（2005）、1.3（2025）、1.1（2050）とした。なお推計の詳細は原報告を参照されたい。

その結果、

世界での消費電力 2005 年で 143TWh、2020 年で 444TWh

日本での消費電力 2005 年で 15TWh、2020 年で 47TWh

②サーバの消費電力（データセンター）

国内：

A) グリーン IT 推進協議会報告[2]

サーバはその能力によって、スタンダード（ボリュームゾーン）、ミドルレンジ、ハイエンドと分類し、それぞれの消費電力（1,918kWh、5,475kWh、67,023kWh）とストック数から消費電力を推計した。日本での消費電力は 6.3TWh（2005 年）となった。サーバ（ボリューム）は 236 万台と推計。

B) LCS 推計

サーバの実働台数のデータはないので、サーバの耐用年数を 5 年とし、2014～2017 年に出荷されたサーバ数を実働台数と仮定すると 274 万台となる。これは 2005 年のサーバ推計値とあまり差がなく、サーバ台数については検証の余地がある。

JEITA（電子情報技術産業協会）の統計（コンピュータおよび関連装置出荷統計）[11]では、国内販売数（2014～2017 年）は、以下となり、上記推定値よりもさらに大幅に下回る。これは JEITA 統計では HP やデルなど輸入品が含まれていないためと思われる。

汎用コンピュータ（メインフレーム）：1,000 台

UNIX サーバ：190 千台

IA サーバ：1,170 千台

なお JEITA の推計方法は下記のようにサーバ稼働年数を少し長めに検討している。

当年～4 年前出荷台数：100%稼働

5 年前出荷台数：50%稼働

これによると推定稼働サーバ台数は 300 万台である。

IA サーバの消費電力は、例えば 2,450kWh/年/台（2012 年、NEC Express5800/R120d-1E）であるからサーバ数を 274 万台とすると 6.7TWh/年、300 万台とすれば 7.4TWh/年となるので、推定消費電力は 7TWh/年と見積もることとする。

世界：

A) グリーン IT 推進協議会報告[2]

2600 万台の IA サーバなどをベースに 43.3TWh と推定している。約 43TWh/年とする。

B) LCS 推計

世界のサーバ実稼働台数は、1139 万台（2017 年出荷台数[12]）のほぼ 4 倍程度とすると 4556 万台となる。これに 2,450kWh/台とした消費電力は約 110TWh/年となる。

③ ストレージ（データセンター）

この領域の機器の技術進歩は著しいため、どの時点を標準とするかで消費電力は著しく変わる。また、消費電力の基準を設備能力とするか（データ取得の困難な）実消費電力とするかでも変わる。

ハードディスクは最近のデータでは 1TB で動作時もアイドル時もあまり消費電力は変わらず 10W 程度。消費電力は 300GB でも殆ど変わらない[13]。そうすると 8,760 時間/年として、年間消費電力は、88kWh/台となる。

最新のデータセンター用 SSD（半導体不揮発メモリー：インテル® SSSDC S4600 シリーズ 1.9TB、2.5 インチ SATA 6Gb/s）は 1.9TB で動作時 5W、待機時 1W である。消費電力は 128GB でもほとんど変わらず、チップ容量と消費電力はあまり関係がない。

ただしデータセンターのように高速化が要求される場所では、キャッシュメモリーとして SSD と同程度の容量の大容量 DRAM を利用して高速化するため、DRAM の消費エネルギーが大きく、結果として HDD と SSD の消費電力は大差ないという報告もある。

ここでは全体の傾向としては HDD から SSD、さらには大容量磁気テープへの流れがあるという前提を置く。また SSD の動作時を全時間の 50%、待機時を 50%とし、定格容量で消費電力を算出する。SSD の年間消費電力は 26kWh/台とする。

国内：

A) グリーン IT 推進協議会報告[2]

326 万台（国内：2005 年）、サーバ向け HDD 消費電力 247kWh/年/台（28W/台）PC 向け HDD 消費電力 11W/台 0.8TWh（2005 年、国内）。

B) LCS 推計

サーバ向け HDD のデータが入手できていないが、2014 年の受注実績では HDD が 3200 万台であった。これらのうち 1/4 程度がデータセンター向けとし、さらに 4 年間分が稼動するとすれば稼働台数は、3200 万台。それに 88kWh/台をかけると、約 2.8TWh/年となる。また HDD/SSD の台数比率を 4:1 とし SSD を 640 万台と見積もる。この年間消費電力は約 0.2TWh/年となり、HDD と SSD を合計して年間消費電力は約 3TWh/年と見積もられる。

世界：

A) グリーン IT 推進協議会報告[2]

3480 万台（2005）、247kWh/台として 9.3TWh/年とある。

B) LCS 推計

生産台数：HDD と SSD で世界で 4 億台/年[14]。

データセンター向けの HDD をその 1/4 の 1 億台、SSD は HDD の 20%の 2000 万台と推定する。これで 4 年分のストックが稼動するとすれば HDD は 4 億台、88kWh/台なので 35TWh、SSD は 0.8 億台、26kWh/台なので 2.1TWh となり、合計で約 37TWh（2016）と推定する。

④ ネットワーク（データセンター）

ここではルーター（+スイッチ）の消費電力を取り上げる。

国内：

A) グリーン IT 推進協議会報告[2]

767 万ポート、70kWh/年/ポートとして 0.54TWh（2005）。

B) LCS 推計

ポート数の情報はほとんどないため、サーバ消費電力に対するポート数は一定として算出する。2017 年と 2005 年の比からポート数を求めると、同じ 0.5TWh/年となる。消費電力が 2005 年から

変わらないという結果は、検討の余地がある。

世界：

A) グリーン IT 推進協議会報告[2]

8185 万ポート、70kWh/年/ポートとして 5.7TWh (2016)。

B) LCS 推計

上記と同様に推定サーバ設置数 4556 万台 (2017) と 2600 万台 (2005) の比から 10TWh/年と推定される。

⑤ データセンター消費電力

IT 機器合計と空調その他の消費電力を加えてデータセンター消費電力とした (表 3)。

各々の IT 機器 (サーバ+ストレージ+ネットワーク) の消費電力については、後段の 4.2 節 (表 7) で示す。

空調その他の消費電力は PUE を仮定して、 $PUE - 1$ を空調その他の寄与分として計算した。グリーン IT 協議会 (2005) [2] では $PUE = 1.9$ と仮定されていた。LCS 推計値は現在の平均的 PUE として 1.5 を仮定した。

表 3 データセンター推計消費電力 (TWh/年)

	IT 機器合計 (TWh/年)	空調その他 (TWh/年)	データセンター (TWh/年)
国内 (LCS 推計 : 2017)	10.9	5.5	16.4
国内 (グリーン IT 協議会 : 2005) [2]	7.6	7	14.6
世界 (LCS 推計 : 2017)	157	79	238
世界 (グリーン IT 協議会 : 2005) [2]	58	52	110

(3) まとめ

結局日本のデータセンターの消費電力としては、9.9 (2017)、14.6 (2005)、15 (2016)、16.4 (2017)、23TWh (2017) という推定値がある。

世界のデータセンターの消費電力としては 142.5 (2005)、238 (2017)、300TWh (2016) という推定値がある。

本提案書では、表 3 より、日本は 16TWh、世界は 238TWh を 2016 年のデータセンター消費電力推計値とし、「4.2 データの増加をベースとした予測 (LCS 推計)」に使用した。

3.3 エンドユーザー関連消費電力

(1) PC の消費電力

国内：

A) グリーン IT 推進協議会報告[2]

デスクトップ 2849 万台、ノート 4096 万台、消費電力はデスクトップが 50kWh/台、ノートが 19kWh/年/台として合計 2.2TWh/年 (2005)。

B) LCS 推計

実稼動しているコンピュータは過去 5 年間に出荷されたコンピュータの累計と仮定する。

JEITA 統計からは 2013 年から 2016 年までの国内出荷台数はデスクトップが 1150 万台、ノートが 3070 万台となる。IDC 調査からは、コンピュータの種類の内訳は不明であるが、2013~2017 年で 6310 万台となる。JEITA 統計は国内主要企業の出荷額のみであることから、ここでは経済産業省の数値を採用する。また、デスクトップとノートの比率は JEITA のデータを参考にしてデスク

トップ：ノート＝1：3 とする。そうするとデスクトップは 1580 万台、ノートは 4730 万台となる。最近のコンピュータの消費電力は、デスクトップ 197kWh/年/台、ノートは 77 kWh/年/台として、約 6.8TWh/年（2017）。

世界：

A) グリーン IT 推進協議会報告[2]

デスクトップ 5 億 9112 万台、ノート 1 億 3537 万台、消費電力はそれぞれ 50kWh/年/台、19kWh/年/台で、合計約 32TWh/年（2005）。

B) LCS 推計

IDC 調査[15]によると 2013～2017 年の累計出荷台数は約 14 億 800 万台。コンピュータの種類の内訳は不明なので、上記 JEITA の比率を適用して 1：3 として配分すると、デスクトップ 352 百万台、ノート 1,056 百万台となる。これに上述の消費電力を適用すると、約 150TWh/年（2017）となる。

（2）ディスプレイ・TV の消費電力

この項目は IP トラフィックには影響を受けないと考えられるが、IT 機器の消費電力という意味では必要と考え、推計した。

国内：

A) グリーン IT 推進協議会報告[2]

ディスプレイの年間消費電力 23kWh/台として全部で 0.7TWh/年、TV が 130kWh/台として、全部で 14.8TWh/年、合計約 15.5TWh/年。

B) LCS 推計

実稼動しているディスプレイは過去 5 年間に出荷されたディスプレイの累計と仮定する。

JEITA の国内出荷統計[11]からは、モニタ、デスクトップパソコンとして 1140 万台、ノートパソコンとして 2010 万台。モニタはその面積に消費電力は概ね比例すると考えられるが、ここでは簡略化してモニタの平均消費電力を 60kWh/台とする。その結果は約 1.9TWh/年となる。

別に TV としては JEITA 統計[11]からは 25,000 千台（2013～2017）という数字がある。これに平均消費電力として 80W、1 日 8 時間視聴するとして 234kWh/年、5.8TWh/年。

日本では PC モニタと TV で約 8TWh の電力消費となる。この数字はグリーン IT 推進協議会推計の数値の半分であるが、これは 2005 年当時は相当数の CRT が稼動して消費電力が大きかったためである。

世界：

A) グリーン IT 推進協議会報告[2]

293.3TWh/年。

B) LCS 推計

液晶モニタは世界でおよそ 140 百万台/年の出荷台数で、この数年漸減傾向にある[16]。過去 5 年間の出荷台数分を実稼働台数とすると 700 百万台。平均消費電力を 60kWh/台とすると、42TWh となる。

次に Futuresource Consulting 社によると、全世界の TV の販売台数は概ね 225 百万台/年（2014～2017 年）であるので、この数値を使用し、やはり 5 年間の販売量を実使用台数とする。これと上述の 234kWh/年から、263TWh/年となる。

合計すると、世界ではモニタと TV で約 300TWh の電力消費となる。

(3) プリンタ・複写機の消費電力

この項目も IP トラフィックには影響を受けないと考えられるが、IT 機器の消費電力という意味では必要と考え、推計した。LCS 推計値のみを示す。

国内：

国内出荷台数は 2013～2017 年で合計 2880 万台[17]。この 5 年間の出荷台数を実稼働台数とすると、208kWh/台の消費電力として、6TWh/年の消費電力となる。

世界：

世界の出荷台数は複写機、複合機も含めたプリンタとして 5 年間で 583 百万台と推定される。上記と同じ消費電力とすると、約 120TWh/年の年間消費電力となる。

(4) まとめ

エンドユーザー関連の IT 機器消費電力をまとめると表 4 のように国内で約 21TWh、世界で約 570TWh となる。この中で、データ量に関してエネルギー消費量の変動する機器は PC のみである。これは国内で約 7TWh/年、全世界で約 150TWh と推定される。これらの数字を LCS 推計値として、「4.2 データの増加をベースとした予測」に使用した。

表 4 エンドユーザー関連 IT 機器の消費電力 (TWh)

	PC		モニタ・TV		プリンタ等	
	国内	世界	国内	世界	国内	世界
LCS 推計値	6.8	150	80	300	6	120
グリーン IT 推進 協議会報告[2]	2.2	32	15.5	293.3	—	—

3.4 ネットワーク関連の消費電力

トラフィックは、2 章で述べたデータ数をベースに考える。もし技術レベル、処理能力が現状のまま変わらないとすると、ネットワーク関連機器の消費エネルギーはトラフィックに比例する。

(1) 有線系

A) ブロードバンド

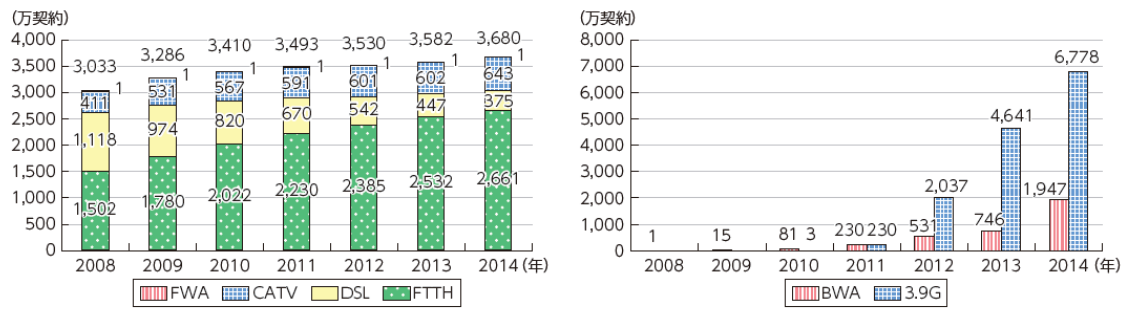
ブロードバンド契約数からの推計は以下ようになる。

国内：

2014 年のブロードバンド契約数は 3680 万回線、エネルギー原単位は 292kWh/回線なので消費エネルギーは、約 10.7TWh となる。(図 3 参照)

世界：

2017 年のブロードバンド契約数は 9 億回線。エネルギー原単位は 292kWh/回線とすると、262.8TWh/年となる。



(出典) 総務省「電気通信サービス契約数及びシェアに関する四半期データの公表（平成26年度第4四半期（3月末）」により作成^{※46}

図3 ブロードバンド契約数の推移（左）と携帯電話契約数（右）[18]

B) ルータ・スイッチ

有線系の消費電力の大部分はルータ、スイッチによるものと考えられるので、この消費電力を推定する方法もある。グリーン IT 推進協議会[2]の数値としては

国内：10.2TWh/年（2005）

世界：163.8TWh/年（2005）

これはブロードバンド契約数からの推計値と、2005 年と 2017 年の違いを考慮すると、概ね整合しているように思われる。

表 5、6 に IT 機器および IP トラフィックの増加予測を参考のために示す。

表 5 ICT 機器の増加予測

	2016	2021	CAGR
PC	8%	5%	—
スマートフォン	21%	23%	11%
テレビ	12%	12%	9%
タブレット	3%	3%	—
M2M	34%	51%	19%
その他携帯	19%	6%	—
合計	170 億台	260 億台	10%

表 6 IP トラフィックの増加予測

	2016	2021	CAGR
PC	46%	25%	10%
スマートフォン	13%	33%	49%
テレビ	33%	30%	21%
タブレット	5%	7%	29%
M2M	2%	5%	49%
合計	1.2 ZB/年	3.3 ZB/年	24%

(2) 無線基地局、端末

無線通信には、漁業用やデータ回線、TV 送信など多種あるが、圧倒的多数が携帯電話によるものと思われるので、この消費電力を考える。

国内：

NTT ドコモの消費電力が 2012 年に 2.9TWh/年[19]で、ドコモのシェアは約 40% (2017) なので、携帯用基地局の消費電力としては、約 7.3TWh/年と推定される。

携帯端末は 2018 年 3 月時点での内閣府消費動向調査で平均買換え年数が 4.3 年であるから、過去 4.3 年分の出荷台数 (2014～2017 年に 2013 年出荷台数の 30%を加えたもの) が実稼働台数と推定できる。これは 84,131 千台であり、平均消費電力を電池容量として 3Wh/日とすると、365 日では 9212 万 kWh/年と推定される。これは約 0.1TWh/年であり、基地局とあわせて約 7.4TWh/年となる。

世界：

世界での携帯電話の実稼働台数はやはり買換え平均期間を日本と同様にみなして該当出荷期間 (2013～2017) から、約 59 億台と推定される。この消費電力は 6.5TWh/年と推定される。今世界の基地局数のデータがないので、日本における携帯電話数に対する基地局の消費電力の比率と世界の携帯電話数から基地局の消費電力を推定すると、約 513TWh/年となる。

携帯電話の消費電力と合計すると、520TWh/年となる。

(3) まとめ

ネットワーク系 IT 機器の消費電力は 2016 年度で国内 18TWh、世界 780TWh 程度と推測される。これらの数字を LCS 推計値として、「4.2 データの増加をベースとした予測 (LCS 推計)」に使用した。

4. 主要 IT 機器の消費電力のまとめ

4.1 グリーン IT 推進協議会報告

グリーン IT 推進協議会[2] (2005) の推計を下記に示す。この推計は、将来の GDP の伸びの予測から機器の普及率を推定する方法がとられていて、IP トラフィックの伸びをベースに予測しているわけではない。また、将来の省エネルギー効果を示すために、エアコン、冷蔵庫、照明など情報社会に関係しない機器が入っている。これら機器の消費エネルギーは大きいため、注意が必要である。これによると、普及率中とした場合

国内：326.6TWh (2005)、490TWh (2025)、550TWh (2050)

世界：3,690TWh (2005)、7,340TWh (2025)、15,400TWh (2050)

と電力需要が増大すると推定されている。

4.2 データの増加をベースとした予測 (LCS 推計)

グリーン IT 推進協議会報告から情報関連機器のみを抜き出して、LCS 推計値と並べて表 7 に示す。

表7 IT関連機器の消費電力推定 (TWh/年)

	日本		世界	
	グリーンIT推進 協議会 (2005) PUE=1.9	LCS推計値 (2016) PUE=1.5	グリーンIT推進 協議会 (2005) PUE=1.9	LCS推計値 (2016) PUE=1.5
データセンター	15	16	111	238
サーバ	6.3	7.4	43.3	111
ストレージ	0.9	3	9.3	37
ネットワーク	0.5	0.5	5.7	10
空調その他	6.9	5.5	52.5	79
エンドユーザー	18	21	326	570
PC	2.2	6.8	32.2	150
TV・モニタ	15.5	8	293.3	300
複合プリンタ	—	6	—	120
ネットワーク	10	18	164	783
ルータ・スイッチ	10.2	10.7	163.8	263
無線送信・端末	—	7.4	—	520
合計	43	55	601	1,590

これらのうち、TV/モニタおよび複合プリンタを除く全ての機器はデータ処理量と消費電力は比例関係にあると仮定してもそう間違いではないと考える。将来のIT機器消費電力についても、IT機器の性能が変わらないとすると、データ処理量に比例して必要機器が増加、すなわちIPトラフィックに比例して消費電力は増大すると推定できて、表8のようになる。

表8 IT関連の消費電力予測

IT関連消費電力予測	2016年	2030年	2050年
IPトラフィック (ZB/年)	4.7	170	20,200
消費電力 (国内: TWh/年)	41	1,480	176,200
消費電力 (世界: TWh/年)	1,170	42,300	5,030,000

5. 政策立案のための提案

現在日本の年間の電力消費量が約980TWhであるから、現在の技術でまったく省エネルギー対策がなされないと仮定すると、2030年には年間使用電力量の倍近い電力をIT関連機器だけで消費する予測となる。世界についても、現在の世界の消費電力が約24,000TWhであるから、やはり現在の2倍程度の電力をIT関連機器が消費する予測となる。また、2050年の電力消費量は、現在と比較して日本、世界ともに約200倍という極端な数字となり、情報関連だけで全てのエネルギーを消費してもまだ不足するという状況になりうる。

この情報量の爆発に対しての対策が必要なことは明らかである。

実際には、IPトラフィックの伸びに対して消費電力が大きくなりすぎれば電力コストの上昇という形で抑制がかかるし、CPUの処理能力や通信回線容量も制限要素となりうる。しかしそのような抑制条件がないとすればこれだけの情報量に対する社会的ニーズが存在すると考えられる。

また、全く技術進歩がないということは実際には考えられず、例えばデータセンターについていえば、2005 年ごろに PUE=1.9 と考えられていたが、最新のデータセンターでは PUE=1.2~1.5 程度が達成されるようになっている。すなわち 12 年で PUE は 20%以上改善されている。(グーグル、Google Cloud と環境[20]、富士通：データセンターの PUE 改善[21]) これからも同程度の改善が続くだろうとする見方もある。

半導体の集積度向上におけるムーアの法則(1.5 年で 2 倍の集積度が達成される)に従って、回路の微細化に伴って消費電力も低減されるという経験則もある。しかし、加工寸法が 15~20nm に達している現在、今後の微細加工がこの経験則に従うかは定かではなく、また 3 次元化する場合に除熱の問題もあると考えられる。

液浸、ヒートポンプなどの冷却方法の工夫、必要なとき以外は動作しない(スマート化)など、様々な工夫による節電は進められると思うが、このような技術だけで対応できるのか、前述の規模でのデータの増大がある場合に、将来の情報化社会にはエネルギー面での不安があると思われる。この消費エネルギー増大という課題に対する技術的対策については種々の面から慎重な検討が必要と考え、次報で報告する予定である。

参考文献

- [1] 総務省, “平成 29 年度版情報通信白書 特集 データ主導経済と社会変革”, 2017.
- [2] グリーン IT 推進協議会 調査分析委員会, “総合報告書 (2008 年度~2012 年度)”, 2013.
- [3] Cisco, “Cisco Global Cloud Index : 予測と方法論、2015~2020 年”, 2016.
- [4] 総務省, “平成 30 年度版情報通信白書 特集 人口減少時代の ICT による持続的成長”, 2018.
- [5] 資源エネルギー庁, “2016 年度エネルギー白書”, 2017.
- [6] 地球温暖化問題への対応に向けた ICT 政策に関する研究会, “報告書”, 2008.
- [7] 東京大学, 江崎浩教授, private communication, 2018.
- [8] Perspectives ホームページ, <https://perspectives.mvdirona.com/2017/04/how-many-data-centers-needed-world-wide/>, 2017.
- [9] MIC 経済研究所, “データセンターの設備インフラ市場の現状と展望 2016 年版”, 2017.
- [10] NTT ファシリティーズ ビジネスコラム, <http://www.ntt-f.co.jp/column/0038.html>, 2018.
- [11] (一財) 電子情報技術産業協会 (JEITA) ホームページ, 統計資料, <https://www.jeita.or.jp/japanese/stat/>, 2019.
- [12] Gartner ホームページ, <https://www.gartner.com/en/search?keywords=server%202017>, 2017.
- [13] DOC/V Power Report, HDD 対 SSD ベンチマーク対決, <http://www.dosv.jp/other/0811/07.htm>.
- [14] 日本 HDD 協会, IDEMA Japan News, 2017 年 1 月, 2017.
- [15] IDC ホームページ, IDC Tracker + Data Products, <https://www.idc.com/tracker/showtrackerhome.jsp>, 2019.
- [16] (一財) 電子情報技術産業協会 (JEITA), “情報端末装置に関する市場調査報告 IS-16-情端-1”, 2016.
- [17] (一財) 電子情報技術産業協会 (JEITA), “プリンタに関する市場調査報告書 情産-17-情端-2”, 2017.
- [18] 総務省, “平成 27 年度版情報通信白書 特集 ICT の進化を振り返る”, 2015.
- [19] 池田耕一, “BACS の構成とオープンネットワーク”, 電気設備学会誌 vol.32 No.2 110-113, 2014.
- [20] Google, “Google Cloud と環境”, <https://cloud.google.com/environment/?authuser=3&hl=ja>.
- [21] 富士通, “データセンターの PUE (電力使用効率) 改善”, <http://www.fujitsu.com/jp/about/environment/operation/pue/>.

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

技術普及編

情報化社会の進展がエネルギー消費に与える
影響（Vol.1）
－ IT 機器の消費電力の現状と将来予測－

平成 31 年 3 月

Impact of Progress of Information Society on Energy Consumption (Vol.1):

Current Status and Future Prospects for Power Consumption of IT Equipment

Strategy for Technology Development,
Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies,
Center for Low Carbon Society Strategy,
Japan Science and Technology Agency,
2019.3

国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

本提案書に関するお問い合わせ先

- 提案内容について・・・低炭素社会戦略センター 主任研究員 三枝 邦夫（Kunio SAEGUSA）
- 低炭素社会戦略センターの取り組みについて・・・低炭素社会戦略センター 企画運営室

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ4 階
TEL : 03-6272-9270 FAX : 03-6272-9273 E-mail : lcs@jst.go.jp

<https://www.jst.go.jp/lcs/>

© 2019 JST/LCS

許可無く複写・複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。
