

情報通信産業におけるカーボンニュートラルの 早期実現に関する研究 －日本のデータセンターから見た脱炭素化の可能性－

豊原 任・周 瑋生

Study on the Early Achieving of Carbon Neutrality in the Information and Communications Industry: A Possibilities of Decarbonization from the Perspective of Japan's Data Center

Jin TOYOHARA, Weisheng ZHOU

Abstract

In order to achieve early carbon neutrality in the information and communication industry, it is necessary to reconsider current policies as they seem insufficient. With the advancement of digitization in the information and communication industry, energy demand has increased significantly, leading to a substantial rise in the power consumption of data centers. On the other hand, achieving carbon neutrality by 2050 has a significant impact on carbon neutrality in the information and communication industry, which is why the target year for achieving carbon neutrality in this industry has been set at 2040.

As part of the Japanese government's growth strategy for the information and communication industry, two approaches, namely 'Green by Digital' and 'Green of Digital,' have been put forward. However, for companies that have already made some progress in digital transformation (DX), relying solely on the government's 'Green of Digital' approach may not accelerate the process. Therefore, a third approach, 'Green in Digital,' has been proposed. As one of the means to achieve this, reducing CO₂ emissions through the use of highly energy-efficient, eco-friendly data centers has been suggested.

The utilization of energy-efficient data centers can potentially achieve up to a 93% reduction in CO₂ emissions. However, achieving early carbon neutrality in the information and communication industry requires a combination of other measures in addition to this. After analyzing multiple scenarios, it was found that only the IHOH scenario slightly exceeded the emission reduction target. Nevertheless, there are challenges in the utilization of energy-efficient data centers, and it is essential to have a proper understanding, workforce development, and the expansion of IT support services.

1. はじめに

1.1. 研究背景と目的

2020年10月に日本政府が発表した『2050年カーボンニュートラル宣言』では、2050年までに脱炭素社会を実現し、温室効果ガスの排出量を実質ゼロにすることを目標としている。デジタルトランスフォーメーション(DX、文脈によっては“デジタル化”ともいう)による省エネ効果は、あらゆる産業分野に大きく寄与するため、DXを担う半導体・情報通信産業のカーボンニュートラル実現目標を2040年に設定している。DXは、組織がデジタルテクノロジーを活用してビジネスプロセスやサービスを変革し、競争力を向上させる仕組みであり、DXを支える基盤として、コンピューティングリソースを集約するデータセンターが重要な役割を果たしている。近年では、インターネットを通じて提供されるクラウドコンピューティングサービス(以降“クラウドサービス”、文脈によっては“クラウド”と略することがある)の利用が増える傾向にあり、コスト効率面やエネルギー効率面などにおいて度々従来のデータセンターと比較されている。事実上、日本のデータセンター業界では、ハイパースケールクラウドサービスは外資企業によって寡占され、エネルギー効率面だけではなく、再生可能エネルギーの調達進捗度においても、日本企業のデータセンターが大きく遅れを取っている(尾辻ら(2020), 経済産業省(2021))。

本研究の主な目的としては、情報通信産業におけるカーボンニュートラルの早期実現に向けて、日本の情報通信産業の現状を再認識し、データセンターにおける課題を洗い出し、脱炭素化の可能性を見出すことである。DX推進によるCO₂排出量削減の効果が明らかになれば、企業活動としての脱炭素化に伴う取り組みも活発になり、社会全体がサステナビリティに対する関心も高まり、情報通信産業におけるカーボンニュートラルの早期実現に寄与できる。

1.2. 先行研究

巨大IT企業が多い米国には世界の約4割のデータセンターが集中し、次いで、中国、日本は三番目である(廣瀬圭一(2022))。平均消費電力が200Wの汎用サーバー1台の運用と燃費が20 km/ℓの家用車1台の年走行のCO₂排出量がほぼ同じと言える。企業や団体が所有・

運営する個別システム(オンプレミス)からクラウドへの移行など、処理能力やサービスの質を落とさずICT機器台数を削減することも近年の動向である。デロイト トーマツや451 Researchの調査結果(Deloitte Tohmatsu(2021), 451 Research(2021))によると、クラウドサービスの活用により、エネルギー効率が向上され、凡そ80%前後のCO₂排出量削減が見込められるとされている(前提やCO₂排出量削減の内訳については後述する)。これは経済産業省等が『2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略』(経済産業省(2021))で公表している数字と概ね一致している(従来のデータセンターとクラウドサービスとのエネルギー効率の比較については後述する)。政策面においては、「グリーン by デジタル(デジタル化によるエネルギー需要の効率化・省CO₂化を方針とした戦略)」として、国内データセンターでのサービス市場を拡大させることで企業活動のDX化を推進し、「グリーン of デジタル(デジタル機器・産業の省エネ・グリーン化を方針とした戦略)」として、データセンター自体の省エネ化を図るなどで情報通信産業を含めた産業全体のカーボンニュートラルを目指している。企業活動面においては、総務省が公表しているクラウドサービスの利用状況に関する調査結果によれば、70.4%の企業がクラウドサービスを既に利用している一方で、システム開発で利用しているのはわずか1割程度に留まっている(総務省(2022))。また、クラウドサービスを利用している理由に関する調査では、サステナビリティに関する設問がなく、政府による啓蒙活動が十分とは言えず、多くの企業がクラウドサービスの活用によるサステナビリティへの貢献に気づいていないため、DX推進の後押しに繋がっていない。

これまで本研究では、情報通信産業における国内外の最新動向、クラウドサービスの利用に伴う先行研究及び関連政策をリサーチし、情報通信産業でのエネルギー使用の定量評価(尾辻ら(2020), 国立研究開発法人科学技術振興機構(2021))について学習した。しかしながら、読み手を情報通信産業の関係者とした場合に、結論は納得できるが、システムやソフトウェアの改善による省エネ化など論じられていない評価軸もあった。また、DX推進とクラウド移行の問題点、課題に関してまとめられた調査結果があるものの、課題を解消する解決策について具体的な提案されていなかった(廣瀬圭一(2022))、

尾辻ら（2020）、小林ら（2021）。

1.3. 研究の社会的意義

情報通信産業はデジタル化の進展に伴い急速に成長し、必要とするコンピューティングリソースが指数関数的に増え、それに伴ってエネルギー消費やCO₂排出量も増加している。情報通信産業におけるカーボンニュートラルを早期に実現することで、CO₂排出量の削減効果がDXを推進する他産業へ波及し、延いては産業全体の環境への負荷を削減し、持続可能な社会の実現に貢献し、社会的意義を果たす。

どのようにカーボンニュートラルを早期実現させるか、政策と情報通信産業でのオペレーションの両方で考える必要がある。本研究では、情報通信産業の最新動向をウォッチングしつつ、データセンターの問題点、課題を深掘り、日本のデータセンターから見た脱炭素化の可能性について分析したうえ、政策提案を試みる。

2. 情報通信産業におけるカーボンニュートラルの早期実現の必要性

本節では、情報通信産業におけるエネルギー需要の増加の背景、今後の見通し、及び情報通信産業におけるカーボンニュートラルの早期実現が他の産業に与える影響について論じる。

2.1. 情報通信産業におけるエネルギー需要の増加

周知の通り、1990年代より、インターネットの商業利用やデジタルコンテンツの増加に伴い、情報通信産業におけるエネルギー需要が増えてきている（図1、表1）。2000年代に入り、ネットワークインフラの高速化・大容量化が進展し、スマートフォンが急速に普及した。2010年代中盤より、インターネット動画配信サービスやIoTの普及や、機械学習、生成系AIの台頭により、情報通信産業ではエネルギー需要がますます増加する一方である。図1の通り、日本のインターネットトラフィック（IPトラフィック）は、新型コロナウイルス感染症

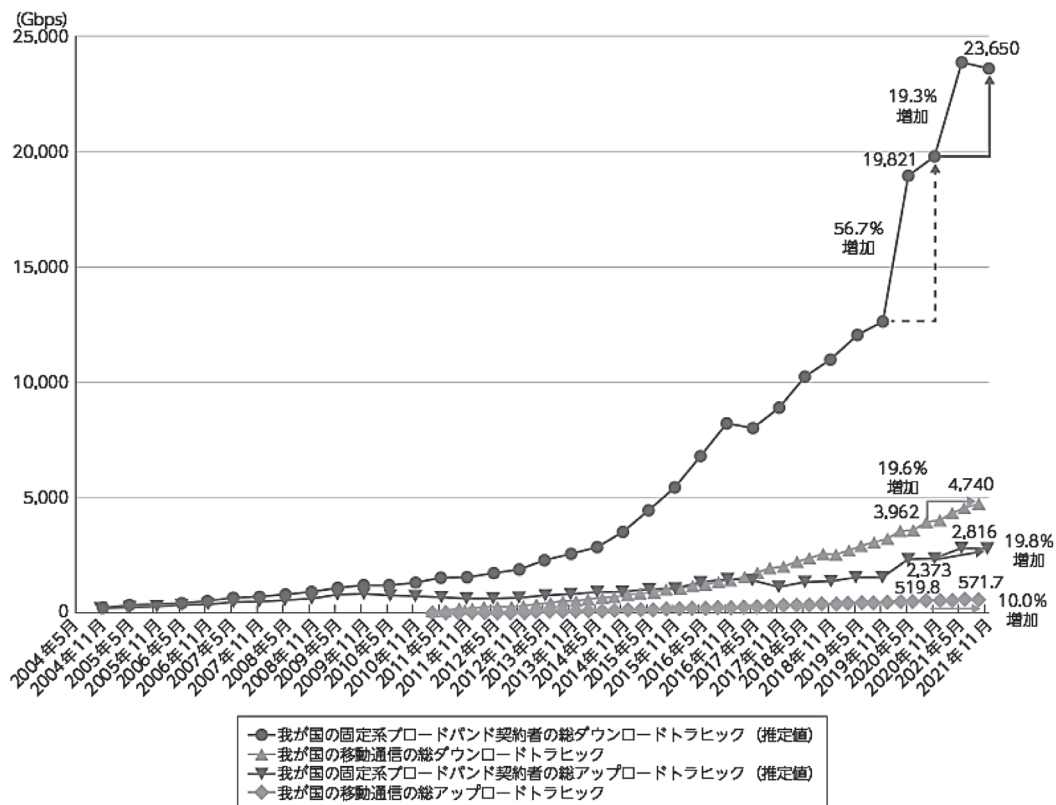


図1 「日本のインターネットにおけるトラフィックの集計結果（2021年11月分）」

（出典）総務省（2022）『令和4年版情報通信白書』。

の感染拡大直前の2019年11月から2021年11月までの2年の間だけでも約2倍に増加し、この傾向は今後も拡大すると考えられる。これに伴い、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。国立研究開発法人科学技術振興機構の試算によると、IPトラフィックの増加に比例しない「TV・モニタ」と「複合プリンタ」を除いたIT機器の年間電力消費量が2016年で41TWhであり、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1,480TWh、2050年には176,200TWhに増加する。2021年時点の日本の年間電力消費量が1,000TWhであることを鑑みると、情報通信産業におけるエネルギー需要の増加に対する技術的対策が急務となる（表1、表2）。

表1 「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

(出典) 国立研究開発法人科学技術振興機構 (2019) 『情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.1)』。

本研究のフォーカスエリアである「データセンター」に着目すると、2018年の消費電力をベースラインとし、2030年までと同等の改善率で進捗とした（10年間ではCPUで1/2、GPUで1/5、メモリ、ネットワークスイッチで1/2、ストレージで1/10～1/30など）場合、2030年に24TWh、2050年には500TWhの消費電力になると推定される（表3、図2、Modestケース）。

表2 「IT関連の消費電力予測 (TWh/年)」

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

(出典) 国立研究開発法人科学技術振興機構 (2019) 『情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.1)』。

2.2. 情報通信産業でのカーボンニュートラルの早期実現が他の産業に与える影響

経済産業省等が発表した『2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略』では、半導体・情報通信産業については、デジタル化によるエネルギー需要の効率化・省CO₂化の促進（グリーン by デジタル）と、

表3 「国内データセンター消費電力推定 (TWh/年)」

		Japan							
		Year	2018	2030	2030	2030	2050	2050	2050
			As is	Modest	Optimistic	As is	Modest	Optimistic	
IP traffic	ZB		0.7	11	11	11	1,400	1,400	1,400
power consumptions of data centers		TWh	14	90	24	6	12,000	500	110
power consumptions of servers									
	basic task	TWh	6	30	13	3	3,500	229	39
	AI task	TWh	0.7	16	4	1	3,000	97	14
	total	TWh	7	46	17	5	6,500	330	50
	CPUs								
	basic task	TWh	4	20	7	2	2,200	75	24
	AI task	TWh	0.5	12	3	1	2,300	37	8
	total	TWh	4	32	10	2	4,500	110	30
	memories								
	basic task	TWh	1	7	4	1	890	116	9
	AI task	TWh	0.1	2	1	0	340	44	3
	total	TWh	1	9	4	2	1,200	160	12
	power supply etc								
	basic task	TWh	1	3	2	1	410	38	7
	AI task	TWh	0.1	2	1	0	400	16	2
	total	TWh	1	5	3	1	810	54	9
power consumptions of storages		TWh	2	29	3	1	3,700	110	40
power consumptions of switches		TWh	0.1	1	1	0	70	9	1
power supply, cooling, etc		TWh	5	11	4	1	1,500	90	20
Assumed power consumption efficiency									
	CPU		1	1	0.5	0.1	1	0.13	0.05
	accelerators(GPU etc)		1	1	0.2	0.05	1	0.01	0.001
	memories		1	1	0.5	0.2	1	0.13	0.01
	storages		1	1	0.1	0.03	1	0.03	0.01
	switches		1	1	0.5	0.2	1	0.13	0.008

(出典) 国立研究開発法人科学技術振興機構 (2021) 『情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.3)』。

デジタル機器・情報通信産業自身の省エネ・グリーン化（グリーン of デジタル）の2つのアプローチを車の両輪として進めていく、と打ち出している。

「グリーン by デジタル」、DXは、IT企業、製造業だけでなく、サービス業、農業なども含め、全ての産業の根幹であり、人・物・金の流れの最適化が進むことなどを通じ、エネルギーの効率的な利用・省CO₂化にもつながる。日本経済研究センターの試算（小林ら（2021））では、DXが進行しないシナリオでは、2030年の産業全体のCO₂排出量が2013年比で20%減に止まり、政府目標の46%削減（さらに50%削減へ挑戦）に届かないが、DX推進が加速したシナリオでは達成する見込みがあるとしている。また、DX推進による他産業のCO₂排出量が大きく削減されると推定している（図3）。

「グリーン by デジタル」を通して、産業全体のカーボンニュートラルに寄与する一方で、情報処理量・通信量の大幅な増加に伴い、情報通信産業でのエネルギー需

要が飛躍的に増加していく見込みである。その課題を解消するには、「グリーン of デジタル」戦略では、データセンターや通信ネットワークでのさらなる省エネ化や再エネ利活用等の省CO₂化を促進することが重要であ

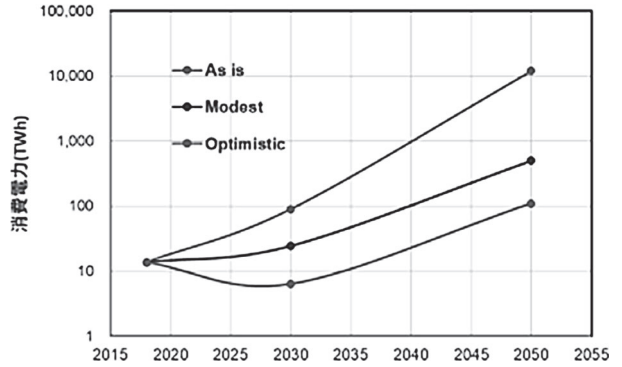
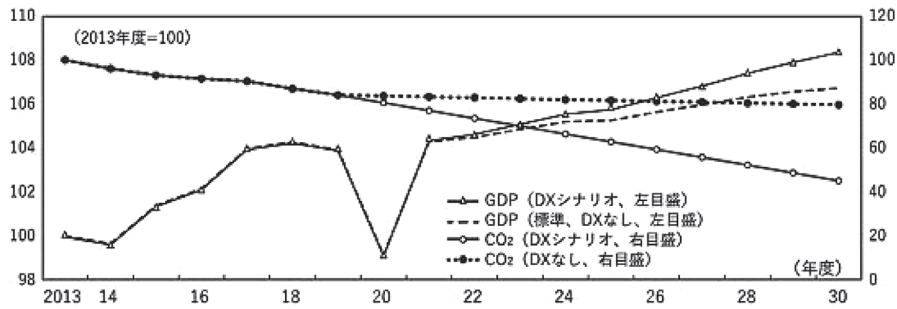
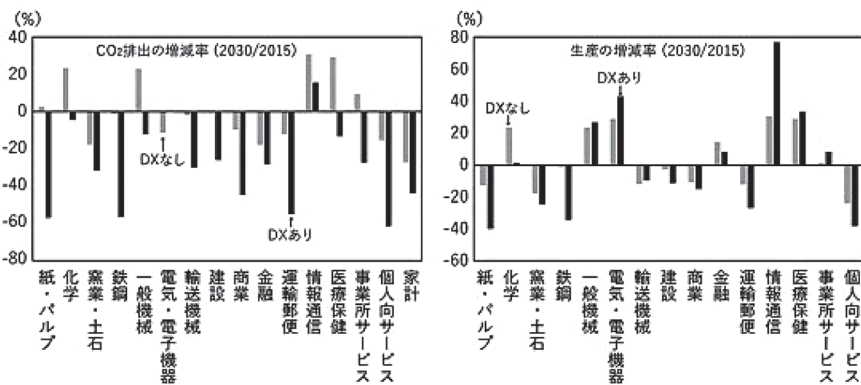


図2 「国内データセンター消費電力推定 (TWh/年)」
 (出典) 国立研究開発法人科学技術振興機構 (2021) 『情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.3)』。



(注) GDPは2020年度まで実績、21年度以降は日本経済研究センター「第47回中期経済予測」、CO₂は2019年度まで実績、30年度は日本経済研究センター推計、その間は線形で結んでいる

(資料) 国民経済計算、国立環境研究所「日本の温室効果ガス排出量データ」



(資料) 産業連関表、国立環境研究所「3EID」 「日本の温室効果ガス排出量データ」

図3 「DXシナリオとGDP成長率、CO₂排出の増減率/生産の成長率との関連性」

(出典) 小林ら (2021) 『カーボンニュートラルの経済学 2050年への戦略と予測』, 日本経済新聞出版。

る。情報通信産業でのカーボンニュートラルの早期実現が、産業全体のカーボンニュートラルに大きく影響するものである。そのため、情報通信産業のカーボンニュートラルの実現目標年度を産業全体の2050年より10年早く、2040年に設定し、早期に実現させる必要がある。

3. データセンターの省エネ指標

国際標準化されているデータセンターの省エネ指標が4つあり、本研究では、エネルギー関連政策との関わりが深い2つの指標について説明する。

3.1. PUE (Power Usage Effectiveness)

データセンターのエネルギー効率のベンチマーク指標として、国際標準のPUE (Power Usage Effectiveness, ISO/IEC 30134-2, 日米共同発案) が国内外問わず広く使われている。データセンター内では、直接コンピューティングリソースを提供するIT機器で使用される電力以外で、冷却装置や照明、電源変換などファシリティ面でも多く電力が使われている。PUEは、データセンター全体の消費エネルギーとIT機器の消費エネルギーの比で表され、値が“1.0”に近ければ近いほどエネルギー効率が良いということになる。

$$PUE = \frac{\text{データセンター全体の消費エネルギー}}{\text{IT機器の消費エネルギー}}$$

日本データセンター協会 (JDCC: Japan Data Center Council) の調査結果によると、2021年時点において、国内データセンター (クラウドサービス事業者含まず) のPUEが1.2~2.6であり、平均値が1.7である。10年前は1.8程度だったが、直近建設のデータセンターでは1.5以下という結果も出ている。一方、クラウドサービス事業者のデータセンターでは、1.1~1.4程度であり、平均では1.2と言われている。これはデータセンターの稼働率、冷却設備や電源変換設備の効率に影響され、稼働率が高く、最先端設備を導入しているクラウドサービスのデータセンターではPUEが良くなっている。

3.2. REF (Renewable Energy Factor)

データセンターの省エネ指標のもう一つとして、再生可能エネルギー利用率 (REF: Renewable Energy Factor, ISO/IEC 30134-3, 日本発案) が国際標準化されている。これはデータセンターの消費する再生可能エネ

ルギーとデータセンター全体の消費エネルギーの比で表されている。

$$REF = \frac{\text{データセンターの消費する再生可能エネルギー}}{\text{データセンター全体の消費エネルギー}}$$

ISEP (環境エネルギー政策研究所) の調査結果によると、日本国内の全発電電力量 (自家消費含む) における再生可能エネルギーの占める割合は2022年時点で22.7%となっている。国内データセンターでの再エネ活用は極少数であり、REFに関する統計情報は入手できなかったが、2030年までに再生可能エネルギーを100%調達する目標を設けている国内の大手データセンター事業者も存在する。また、殆どのハイパースケールクラウドサービス事業者では、100%調達する目標を既に達成しているか、2030年までに達成すると公約している。

3.3. その他省エネ指標

その他国際標準化されたデータセンターの省エネ指標としては、データセンターのIT機器が如何に少ない消費電力で高性能を示すITEEsv (IT Equipment Energy Efficiency for servers, ISO/IEC 30134-4, 日本発案) と、データセンターのIT機器の性能をどこまで有効活用しているかを示すITEUsv (IT Equipment Utilization for servers, ISO/IEC 30134-5, 日本発案) があるが、浸透度合いの観点から本節では詳しい説明を割愛する。

4. 日本の情報通信産業における成長戦略

前出の通り、情報通信産業のカーボンニュートラルの早期実現が産業全体のカーボンニュートラルの実現にとって必要不可欠であり、日本の情報通信産業における成長戦略として、「グリーン by デジタル」と「グリーン of デジタル」の2つのアプローチを進めている。「グリーン by デジタル」は、産業全体のカーボンニュートラルに寄与するものの、情報通信産業でのエネルギー使用量を増加させることになるため、「グリーン of デジタル」の施策によって、情報通信産業でのエネルギー使用量の増加率以上に電力使用効率を改善し、カーボンニュートラルを図ろうとしている。しかし、既にDXを推進しているもしくはデジタルネイティブな企業にとって、政府とITインフラ企業による「グリーン of デジタル」の推進を待つだけでは、情報通信産業のカー

ボンニュートラルの実現が加速しないと考える。多くの場合、各企業が自らコントロール可能な範囲で、「グリーン by デジタル」で作ったデジタルシステムを最適化させ、進化させることが可能である。例えば、需要に合わせてコンピューティングリソースを動的にスケールイン・スケールアウトさせることや、ネットワーク要件に基づいてリソースの地理的配置を最適化させ、ネットワーク間でのデータ移動に使うエネルギーを最小限に抑えることなど、クラウドサービスのメリットを活かした取り組みが考えられる。多くの場合において、高度でモダンな IT 技術を必要とするだけでなく、企業文化の改革やビジネス要件の見直しも視野に入れた成長戦略が必要である。これを「グリーン in デジタル」と定義し、本節では、3つ目のアプローチとして、既存の2つのアプローチと合わせて論じる。

4.1. グリーン by デジタル

「グリーン by デジタル」は、デジタル化によるエネルギー需要の効率化・省 CO₂ 化を方針とした戦略である。今後のさらなる DX 推進により、国内データセンター市場を 1.5 兆円（2019 年）から 3.3 兆円（2030 年）に拡大することを想定している（経済産業省（2021））。具体的な取組みの例としては、デジタル技術活用による地域の省 CO₂ 化推進のための実証などを支援することで、技術の確立、競争力強化を進めるとともに、各産業・企業・地域における DX を更に加速するための方策の検討を進める。デジタル化が更に進み、新たなデジタルサービスを提供するためにも、全国で数カ所程度、日本最大級のデータセンター拠点整備をするため、立地計画策定などの政策パッケージを検討し、早期に実行させる。情報通信インフラについては、ポスト 5G、高度化された 5G や、光エレクトロニクスの高度化に向けた研究開発・標準化を支援する。

4.2. グリーン of デジタル

「グリーン of デジタル」は、デジタル機器・産業の省エネ・グリーン化を方針とした戦略である。データセンターは、大量のメモリ・半導体を使い、膨大な電力を消費する一方で、再エネを活用しているデータセンターが極少数である。「グリーン by デジタル」によってデータセンターでのエネルギー需要が急増し、あらゆる機器に使用されている半導体の省エネ化が課題と

なっている。具体的な取組みの例としては、次世代パワー半導体等の研究開発、実証、設備投資を支援し、2030 年までに実用化・普及拡大、1.7 兆円の市場を獲得することを目指している（経済産業省（2021））。2030 年までに全ての新設データセンターを 30% 省エネ化、データセンター使用電力の一部再エネ化を目指し、2040 年に、半導体・情報通信産業のカーボンニュートラルを目指すこととなっている。また、資源エネルギー庁が 2022 年に発行した「データセンター業のベンチマーク制度」では、2030 年までに PUE を 1.4 以下に改善することが推奨されている（資源エネルギー庁（2022））。

4.3. グリーン in デジタル

既存の 2つのアプローチの他に、政策や公的資金を頼らず、IT リソースを必要とする企業が自社にメリットを出しつつ、カーボンニュートラルに貢献するアプローチがある。筆者が定義する「グリーン in デジタル」では、一旦デジタル化したシステムを、さらなる CO₂ 排出量の削減を目指して最適化させ、本当のグリーントランスフォーメーションを遂げる方法を提案する。例えば、第一段階としてクラウドサービスを提供する省エネデータセンターへシステムを移行し、第二段階で移行したシステムを電力使用効率観点で最適化し、第三段階ではクラウドサービスのメリットをフル活用して更に電力使用効率を上げる、といった方法でそれぞれの段階においてシステム全体の CO₂ 排出量を減らしていく。

5. 省エネデータセンターの活用におけるメリットと課題

ハイパースケールクラウドサービスと同等程度の PUE/REF を達成している国内データセンター事業者もあるが、本節では、業界全体のスケールメリットを考慮し、省エネデータセンターを代表として、クラウドサービスの活用におけるメリットと課題について論じる。

5.1. クラウドサービスの活用による CO₂ 排出量の削減効果

451 Research が行った、クラウドのエネルギー効率性や二酸化炭素の削減効果に関する調査結果によると、アジア太平洋地域において企業の IT システムを自社所有のデータセンターからクラウドに移行すると、エネルギー

ギー消費量とそれに付随する CO₂ 排出量を 78% も削減できる可能性があるとしている (451 Research (2021))。内訳は図 4 の通り、クラウドサーバーのエネルギー効率と利用度の高さによる 67% 削減に、効率的に電力と冷却システムの使用による 11% 削減を合わせると、合計で 78% の削減となる。また、主要なハイパースケールクラウド事業者が公約している通り、100% 再生可能エ

ネルギーを調達できた場合、CO₂ 排出量をさらに 15% 削減でき、最大で 93% 削減できると推測する。

また、最大 93% の CO₂ 排出量削減が可能だという結論は、あくまで現行システムをそのままクラウドに移行する前提である。システムアーキテクチャーをクラウドサービスに合わせて最適化すると、それ以上の追加削減の可能性が出てくる。具体的な手法については本研究のスコップ外であるため、別の研究テーマで論述する。

2013 年の国内データセンターにおける年間消費電力 12.3TWh (IDC Japan, 2014 年調査) をベースラインとし、前出の国立研究開発法人科学技術振興機構の Modest ケースでは、2030 年の推定年間消費電力を 24TWh とすると、95.1% の増加である。データセンターの CO₂ 排出量削減率が情報通信産業全体の削減率に比例すると仮定し、約 17.4TWh を削減する必要がある計算となる。2030 年の推定年間消費電力の 72.5% に相当し、実現可能性については次節で論じる。省エネデータセンターへの移行を一つの有効な CO₂ 排出量の削減手段と考え、他の施策と合わせて実施する必要がある。

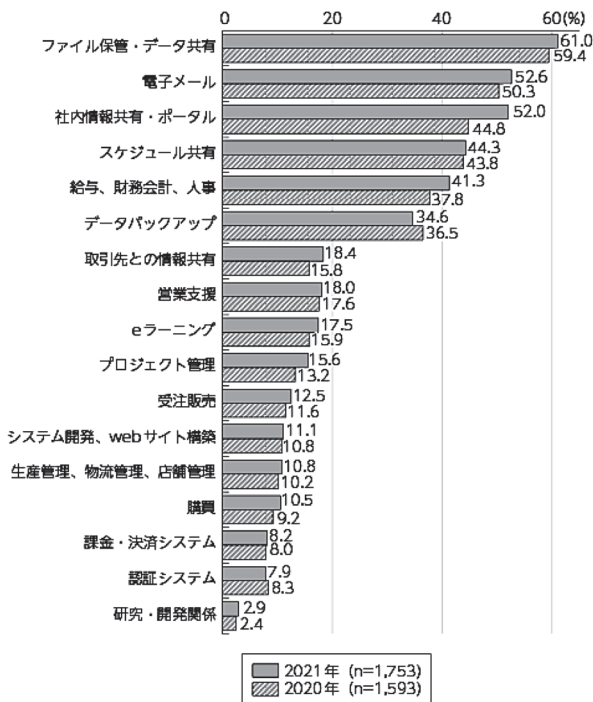


図 5 「クラウドサービスの利用内訳」

(出典) 総務省 (2022) 『令和 4 年版情報通信白書』。

5.2. クラウドサービスの活用における課題

一方で、クラウドサービスの活用における課題もある。総務省が発表した「令和 4 年版情報通信白書」(図 5) によると、7 割の企業は既にクラウドサービスを使っている一方で、システム開発はまだ 1 割程度となっているため、多くの企業が本格的にクラウドサービスを使い始めていないと思われる (総務省 (2022))。

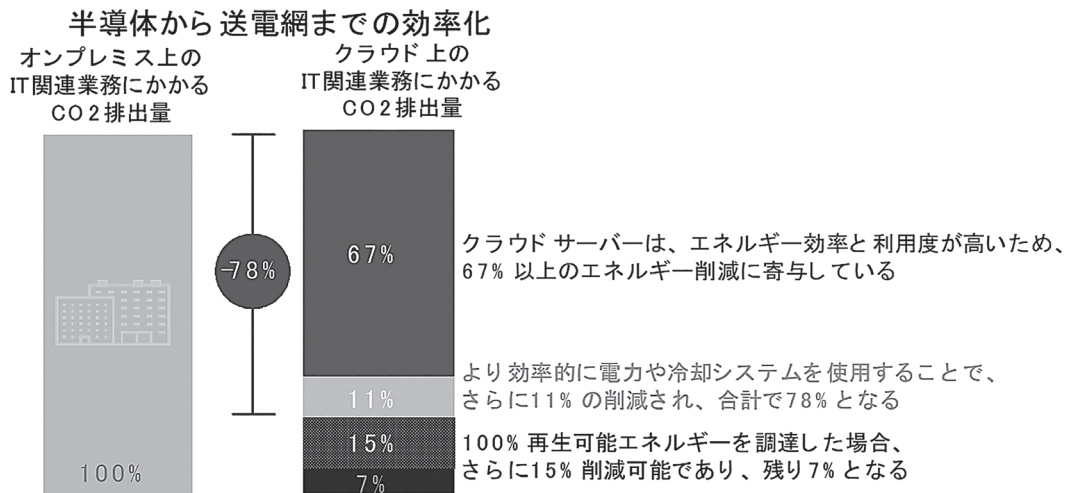


図 4 「クラウドへの移行によるエネルギー削減の可能性」

(出典) 451 Research (2021) The Carbon Reduction Opportunity of Moving to the Cloud for APAC.

同じく総務省が発表した「令和3年通信利用動向調査報告書（企業編）」（図6）では、クラウドサービスを利用しない理由として、「必要がない」回答が最も多く、クラウドサービスを利用している理由の設問には「省エネ」や「カーボンニュートラル」の観点が存在しない（図6）。2番目に多い利用しない理由として、「情報漏えいなどセキュリティに不安がある」となっているが、セキュリティインシデントのトレンドとしては、クラウドサービスだけに多く発生している訳ではなく、オンプレミスも同等程度に起きている。それらの分析により、啓蒙活動が足りず、クラウドサービスに関して正しく理解されていないことが利用の進まない一因だと思われる（総務省（2022））。

5.3. 省エネデータセンターの活用を加速させるための方法

産官民連携の啓蒙活動の推進に加え、DXとクラウドサービスも理解するIT人材の育成、海外からのIT人材の受け入れも視野に入れる必要がある。また、クラウドサービスの活用するハードルを下げるために、クラウドサービスを優遇するようなIT導入支援事業を拡大すべきである。データセンター業界全体を牽引させるた

めに、勿論クラウドサービス以外の省エネデータセンターについても同等の政策を施行して頂きたい。公的支援以外で民間企業が取れる施策もある。例えば民間企業同士でユーザーコミュニティを結成し、先行企業がインフルエンサーとなり、「グリーン in デジタル」の成功事例を共有することで、良い刺激を後進企業に与え、情報通信業界全体の省エネデータセンターの活用を加速させることができる。

6. 日本のデータセンターにおける脱炭素化の可能性

前節で述べた通り、省エネデータセンターの活用だけでは、情報通信産業におけるカーボンニュートラルの早期実現が難しい。一方で、「グリーン of デジタル」戦略では、具体的な目標値が出ていない施策も存在する。本節では、情報通信産業のカーボンニュートラルに寄与する「グリーン in デジタル」と「グリーン of デジタル」を組み合わせて、複数のシナリオで実現性を検証していく。

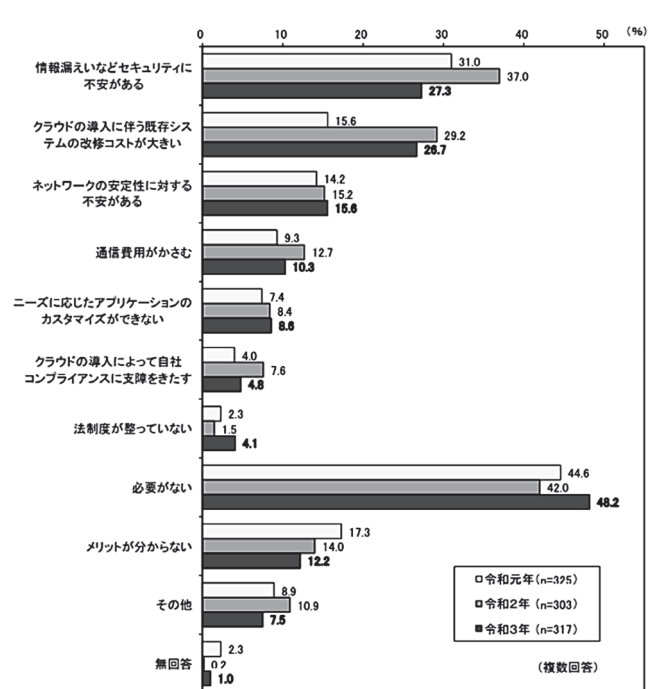
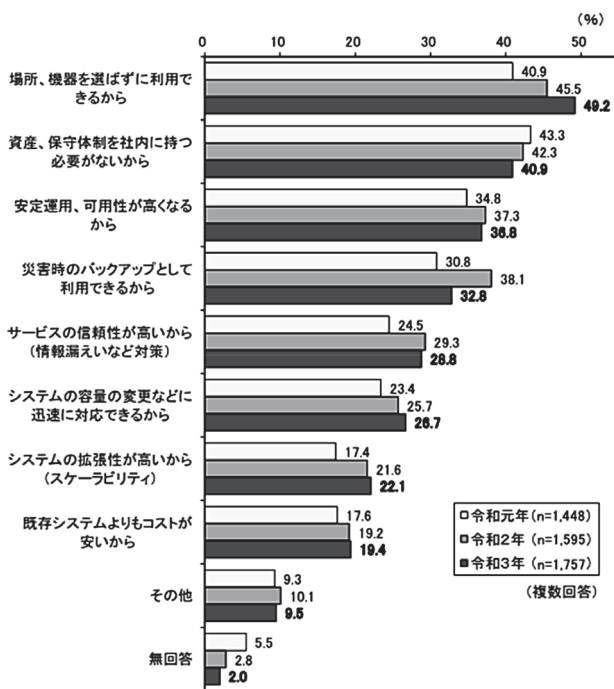


図6 「クラウドサービスを利用している理由（左）」「クラウドサービスを利用しない理由（右）」

（出典）総務省（2022）『令和3年通信利用動向調査報告書（企業編）』。

6.1. シナリオの定義

本研究では、「グリーン in デジタル」がもたらすCO₂排出量の削減率について、ハイパースケールクラウドサービス相当の省エネデータセンターへの移行率と、省エネデータセンターでの削減率（93%、前提設定は後述する）を掛け合わせた値とし、移行率を三段階（40%、30%、20%、前提設定は後述する）に設定する。「グリーン of デジタル」がもたらすCO₂排出量の削減率について、省エネデータセンターへ移行されなかった分に対して、従来データセンターでの省エネ化による削減率を掛け合わせた値とし、省エネ化の度合いを三段階（50%+10%、40%+10%、30%+10%、前提設定は後述する）に設定する。シナリオごとの設定値については表4に示す。

6.2. シナリオの前提設定

「グリーン in デジタル」の施策では、まだ省エネデータセンターの利用率が低いことを鑑みて、業務システムのリプレースサイクルが5～7年であるため、2030年には、三段階で40%、30%、20%のクラウド移行率とする。省エネデータセンターへのシステム移行によるCO₂排出量の削減率を予測するのは極めて難しく、システム観点では移行対象、移行方式やシステムアーキテクチャーによっても大きく変わる。概算としては、前出のデータセンターの省エネ指標を用いて計算することが可能であるため、統計数字が出揃ってからの精緻計算は今後の課題とする。本節では、データセンターファシリ

ティレベルで一律とし、ハイパースケールクラウドサービス相当の最先端設備を導入されていると想定し、451 Researchが行った調査結果の93%削減という数字を採用して概算を行う（451 Research（2021））。

「グリーン of デジタル」の施策では、シナリオに影響するパラメーターが主に3つある。1つ目は省エネ50%以上の次世代パワー半導体の普及率である。2025年にサーバー内電圧変換器、2030年にデータセンター向け電源への需要拡大が予想されている。富士経済（2022）『パワー半導体の世界市場を調査』によると、2030年には19.5%のシリコン半導体を置き換えると予測されている。一方でデータセンター消費電力のうち、25～30%を電源と冷却装置が消費し、5%～15%サーバー内電源ユニットが消費している。2つ目と3つ目のパラメーターは、データセンター自身の省エネ化と再エネの調達率であるが、「2030年までにすべての新設データセンターの30%以上の省エネ化、国内データセンターの使用電力の一部の脱炭素化を目指す」との指針しか出ていない（経済産業省（2021））。その他の技術革新も考慮し、データセンター全体で、ハイパースケールクラウドサービス相当の省エネデータセンターへ移行されなかった分に対して、省エネ化と再エネ調達の効果を合わせて、三段階で50%、40%、30%の削減率とする。また、エッジコンピューティング技術拡大やネットワーク機器の省エネ化など、外部ファクターによるデータセンター省エネ化も考えられるため、固定で10%の削減率を追加する。

なお、前節と同じく、2030年の推定年間消費電力を

表4 シナリオごとの設置値

シナリオ名	「グリーン in デジタル」での削減率 (移行率 × 省エネ DC での削減率)	「グリーン of デジタル」での削減率 ((1 - 移行率) × 従来 DC での削減率)
IHOH	40% × 93% = 37.2%	(1 - 40%) × (50% + 10%) = 36.0%
IMOH	30% × 93% = 27.9%	(1 - 30%) × (50% + 10%) = 42.0%
ILOH	20% × 93% = 18.6%	(1 - 20%) × (50% + 10%) = 48.0%
IHOM	40% × 93% = 37.2%	(1 - 40%) × (40% + 10%) = 30.0%
IMOM	30% × 93% = 27.9%	(1 - 30%) × (40% + 10%) = 35.0%
ILOM	20% × 93% = 18.6%	(1 - 20%) × (40% + 10%) = 40.0%
IHOL	40% × 93% = 37.2%	(1 - 40%) × (30% + 10%) = 24.0%
IMOL	30% × 93% = 27.9%	(1 - 30%) × (30% + 10%) = 28.0%
ILOL	20% × 93% = 18.6%	(1 - 20%) × (30% + 10%) = 32.0%

(出典) 筆者作成

24TWh とする。

6.3. シナリオの検証結果

各シナリオでそれぞれ「グリーン in デジタル」と「グリーン of デジタル」での削減量を計算し、削減後消費電力と 2013 年との比率を表 5 に示す。

上記表 5 の通り、シナリオ IHOH のみ、政府の設けた排出削減目標（2013 年比で -46%）をわずかに上回る結果となっている。日本のデータセンターにおける脱炭素化の可能性はあるものの、省エネデータセンターへの移行率が最も高く、従来データセンターでの省エネ化が最も進んでいるケースのみであるため、移行率を上げ、第二段階、第三段階の推進により、実現可能性を上げていく必要がある。

7. 結論

7.1. まとめ

本研究での分析により、情報通信産業におけるカーボンニュートラルの早期実現に向けて、現在の施策では十分に達成できないことから、施策の見直しが必要である。情報通信産業では、デジタル化の進展に伴い、エネルギー需要が飛躍的に増加し、データセンターの電力消費も大幅に増えている。一方で、2050 年カーボンニュートラルの達成には、情報通信産業のカーボンニュートラルが他の産業のカーボンニュートラルに大きく影響するため、情報通信産業のカーボンニュートラルの実現目

標年度を 2040 年に設定している。日本政府の情報通信産業における成長戦略として、「グリーン by デジタル」と「グリーン of デジタル」の 2 つのアプローチが掲げられているが、既にある程度 DX を推進している企業にとって、政府による「グリーン of デジタル」のみを待つのでは加速しないと考えられる。そこで、第 3 のアプローチとして「グリーン in デジタル」を考案し、第一段階として、エネルギー効率の高い省エネデータセンターの活用による CO₂ 排出量削減案を挙げる。省エネデータセンターの活用により、最大 93% の CO₂ 排出量削減が可能だが、それだけでは情報通信産業のカーボンニュートラルの早期実現は難しく、他の施策と合わせて実施する必要がある。複数のシナリオを検証した結果、「省エネデータセンターへの移行率が最も高く、従来データセンターでの省エネ化が最も進んでいる」シナリオのみ排出削減目標をわずかに上回る結果となった。しかし、省エネデータセンターの活用には課題もあるため、正しい理解の啓蒙と人材育成の推進、IT 支援事業の拡大が必要である一方で、民間企業主導で「グリーン in デジタル」第一段階での移行率を上げ、第二段階、第三段階の推進により、情報通信産業のカーボンニュートラルの早期実現の可能性を上げていく。

7.2. 今後の展望

現在、欧米諸国ではサステナビリティに関して、公的支援に頼らない先進事例が多い中、日本では多くの民間企業がまだ政策の出方を静観し、自らサステナビリ

表 5 シナリオごとの削減量

シナリオ名	削減前消費	グリーン in デジタル		グリーン of デジタル		削減後消費電	2013 年比
	電力 (TWh)	削減率	削減量 (TWh)	削減率	削減量 (TWh)	力 (TWh)	※ 12.3TWh
IHOH	24	37.2%	8.93	36.0%	8.64	6.43	-47.7%
IMOH		27.9%	6.70	42.0%	10.08	7.22	-41.3%
ILOH		18.6%	4.46	48.0%	11.52	8.02	-34.8%
IHOM		37.2%	8.93	30.0%	7.20	7.87	-36.0%
IMOM		27.9%	6.70	35.0%	8.40	8.90	-27.6%
ILOM		18.6%	4.46	40.0%	9.60	9.94	-19.2%
IHOL		37.2%	8.93	24.0%	5.76	9.31	-24.3%
IMOL		27.9%	6.70	28.0%	6.72	10.58	-14.0%
ILOL		18.6%	4.46	32.0%	7.68	11.86	-3.6%

(出典) 筆者作成

ティを推進していかない状況である。情報通信産業におけるカーボンニュートラルが早期に実現できれば、情報通信サービスを利用する他の産業分野も必然として社会全体のサステナビリティに寄与することになる。カーボンニュートラルの実現までの道のりが長いですが、本研究では引き続きシナリオの精緻化を行い、情報通信産業におけるカーボンニュートラルの早期実現ロードマップを追求していく。

参考文献等)

- 451 Research (2021) The Carbon Reduction Opportunity of Moving to the Cloud for APAC.
- Chiranjeeb Roy Chowdhury et al. (2013) A Comprehensive study on Cloud Green Computing: To Reduce Carbon Footprints Using Clouds, International Journal of Advanced Research in Computer Science, ISSN: 0976-5697.
- Deloitte Tohmatsu (2021) Realizing the Carbon Reduction Potential of the Cloud in Japan.
- Peter Henderson et al. (2020), Towards the Systematic Reporting of the Energy and Carbon Footprints of Machine Learning, Journal of Machine Learning Research, Vol.21, pp.10039-10081.
- 秋元圭吾 (2023) 「2050 年の日本のカーボンニュートラル実現シナリオのモデル分析」『電気学会誌』第 143 巻第 2 号, pp.71 ~ 74.
- 尾辻泰一・岩月勝美 (2020) 「電力と情報通信のネットワーク基盤融合による超スマート社会の実現に向けて」『電子情報通信学会誌』第 103 巻第 12 号, pp.1213-1216.
- 環境省 (2020) 『2050 年カーボンニュートラル宣言』.
- 経済産業省 (2021) 『2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略』.
- 経済産業省 (2021) 『デジタルインフラを巡る現状と課題』.
- 経済産業省 (2023) 『「次世代デジタルインフラの構築」に関する国内外の動向』.
- 国立研究開発法人科学技術振興機構 (2019) 『情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.1)』.
- 国立研究開発法人科学技術振興機構 (2021) 『情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.2)』.
- 国立研究開発法人科学技術振興機構 (2021) 『情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.3)』.
- 国立研究開発法人科学技術振興機構 (2022) 『情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.4)』.
- 国立研究開発法人科学技術振興機構 (2023) 『情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.5)』.
- 小林光・岩田一政・日本経済研究センター (2021) 『カーボンニュートラルの経済学 2050 年への戦略と予測』, 日本経済新聞出版.
- 資源エネルギー庁 (2022) 『データセンター業のベンチマーク制度』.
- 総務省 (2022) 『令和 3 年通信利用動向調査報告書 (企業編)』.
- 総務省 (2022) 『令和 4 年版情報通信白書』.
- デジタル庁 (2021) 『デジタル社会の実現に向けた重点計画』.
- 野崎洋介・正代尊久・渡邊茂道・杉田敏 (2018) 「脱炭素ニーズに応える電子通信エネルギー技術の方向性」『電子情報通信学会論文誌 B』第 J101-B 巻第 11 号, pp.885-892.
- 富士経済 (2022) 『パワー半導体の世界市場を調査』.

廣瀬圭一（2022）「デジタル社会を支える ICT システムとその省エネ化の動向」『日本機械学会誌』第 125 巻第 1240 号，pp.21-24.

