

令和6年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業
(産業・業務部門における更なる省エネの促進に向けた
省エネ法関連制度に関する調査)

報告書

令和7年2月

株式会社野村総合研究所

This page is intentionally left blank

目次

目次	3
1 調査の背景・目的	4
2 調査内容	5
2.1 産業部門ベンチマークの指標等の見直しの検討	5
2.1.1 見直しの背景	5
2.1.2 洋紙製造業	7
2.1.3 石油化学基礎製品	15
2.2 業務部門ベンチマークの指標等の見直しの検討	18
2.2.1 データセンター業ベンチマーク制度に関するフォローアップ	18
2.2.2 データセンター業の省エネに係る技術動向調査	32
2.2.3 データセンター業の効率化に係る新たな取組	47
2.3 ベンチマーク制度の対象業種拡大に向けた検討	53
2.3.1 ネットワークセンター等のベンチマーク制度対象化に向けた検討	53
2.3.2 その他エネルギー消費量の大きい業種・分野の検討	67
3 参考資料	70
3.1 データセンター業ベンチマーク制度に関するフォローアップに係る調査	70
3.1.1 SERTの計測・算出方法	70
3.2 アンケート調査票	79
3.2.1 データセンター業の効率化に係る新たな取組に関するアンケート調査票	79
3.2.2 ネットワークセンター等のベンチマーク制度対象化に関するアンケート調査票	84

1 調査の背景・目的

2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、徹底した省エネを進めるとともに、非化石エネルギーの導入拡大に向けた対策を強化していくことが必要である。これらを踏まえ、令和3年10月に策定された第6次エネルギー基本計画においては、2030年度に6,200万kl(原油換算)の省エネルギーを達成するとして目標が上積みされたところである。徹底した省エネを実現するため、産業・業務部門に関してはベンチマーク制度の流通・サービス業への拡大や中小企業に対する支援強化、家庭部門については住宅等のゼロ・エネルギー化、運輸部門については次世代自動車の普及等を重要施策として掲げている。

ベンチマーク制度は、工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準(平成21年経済産業省告示第66号。以下「工場等判断基準」という。)において規定されている業種・分野別の省エネ目標であり、平成21年に産業部門に導入され、平成28年度には業務部門(流通・サービス業)へ拡大された。さらに、2050年カーボンニュートラルという新たな目標に向けては徹底した省エネの重要性が高まっており、令和4年度から圧縮ガス・液化ガス製造業及びデータセンター業についてベンチマーク制度の対象としたところであるが、引き続きベンチマーク制度の対象拡大を含めた取組強化の検討が必要である。また、ベンチマーク対象事業者の過半数が目指すべき水準を達成している業種が存在することから、改正後の省エネ法の適合及び適切な執行の観点を踏まえ、指標及び目指すべき水準の見直しを行う必要がある。

上記を踏まえ、本事業では、令和5年度の調査事業(令和5年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業(産業・業務部門における更なる省エネの促進に向けた省エネ法関連制度に関する調査))に引き続き、ベンチマーク制度の対象業種・分野の拡大に向けて、エネルギー多消費業種・分野のエネルギー消費実態等に関する調査・分析を実施する。また、産業・業務部門のベンチマーク制度について、業種・分野別の実態を反映したものとなるよう、指標及び目標値の見直しに向けた検討を行う。

2 調査内容

2.1 産業部門ベンチマークの指標等の見直しの検討¹

2.1.1 見直しの背景

本調査では産業部門ベンチマークの指標等の見直しの検討を行った。

見直しの対象業種は、洋紙製造業および石油化学系基礎製品製造業の2業種である。両業種を見直しの対象とした理由としては、ベンチマーク指標の目指すべき水準(以降、目標水準)における達成率が、他業種と比較して相対的に高いことが挙げられる。2024年度の工場等判断基準WGの事務局資料²を見ると、ベンチマーク指標の目標水準における達成率は、石油化学系基礎製品製造業において50%(8事業者のうち4事業者が達成)、洋紙製造業において42.9%(14事業者のうち6事業者が達成)であった。電力供給業や石炭火力電力供給業などの供給側の業種を除くと、洋紙製造業と石油化学系基礎製品製造業のベンチマーク指標における目標水準の達成率は、産業部門の中では高いことがわかる。

**図表 2-1 令和4年度実績(令和5年度報告)におけるベンチマーク達成状況の報告
令和4年度実績(令和5年度報告)におけるベンチマーク達成状況の報告**

- R4年度実績(R5年度報告)は、コロナ禍の影響が大幅に軽減されたものの、地政学リスクの高まりの中、エネルギー・原材料価格の高騰及び国内の消費者物価指数の高まり・消費者マインドの低迷、海外の景気悪化等の影響が表れた。これにより、産業部門では一部の業界においてベンチマーク指標の悪化が見られた。一方、業務部門はコロナ禍の影響が軽減された効果が大きく、ベンチマーク指標は総じて改善傾向にある。
- また、以下の業種ではR4年度実績(R5年度報告)から見直されたベンチマーク指標を適用。
 - ① **ベンチマーク指標の追加**：データセンター業、圧縮ガス・液化ガス製造業、石炭火力電力供給業
⇒データセンター業は達成率が1～2割程度であり適正な水準。圧縮ガス・液化ガス製造業は達成率が1割をやや下回っているが、およそ適正な水準。石炭火力電力供給業は達成率が高く、今後の報告値を注視。
 - ② **目指すべき水準の変更**：ソーダ工業
⇒達成率が2割程度であり、適正な水準。
- 洋紙製造業及び石油化学系基礎製品製造業については、達成率が高い傾向にある。

R4年度実績(R5年度報告)の総括表 業種としての達成率が昨年比で ▲：改善 ▼：悪化 →：停滞

	1A 高炉	1B 電炉普通鋼	1C 電炉特殊鋼	2A 電力供給	2B 石炭火力電力供給	3 セメント
産業部門	0/3 (0.0%) →	5/32 (15.6%) ▼	3/17 (17.6%) ▲	47/98 (48.0%) ▼	25/51 新規追加 (49.0%)	5/14 (35.7%) →
	4A 洋紙	4B 板紙	5 石油精製	6A 石油化学	6B ソーダ工業	17 圧縮ガス・液化ガス
	6/14 (42.9%) →	6/31 (19.4%) ▼	0/8 (0.0%) ▼	4/8 (50.0%) →	5/19 見直し後 (26.3%)	5/66 新規追加 (7.6%)
業務部門	7A 通常コンビニ	7B 小型コンビニ	8 ホテル	9 百貨店	10 食品スーパー	11 ショッピングセンター
	4/14 (28.6%) ▲	0/3 (0.0%) →	40/209 (19.1%) →	31/71 (43.7%) ▲	98/279 (35.1%) ▲	22/110 (20.0%) ▲
	12 貸事務所	13 大学	14 パチンコ	15 国家公務	16 データセンター	
	22/229 (9.6%) ▲	25/187 (13.4%) ▲	20/140 (14.3%) ▼	5/18 (27.8%) ▲	9/54 新規追加 (16.7%)	

(出所)経済産業省(2024)「2024年度第1回総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会工場等判断基準ワーキンググループ 資料4 省エネ法に関する措置について」³より IEEJ 抜粋

¹ 本節の事業遂行および報告書作成は、野村総合研究所(NRI)より委託を受けた日本エネルギー経済研究所(IEEJ)が担当した。

² 経済産業省(2024)「2024年度第1回総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会工場等判断基準ワーキンググループ 資料4 省エネ法に関する措置について」

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/kojo_handan/pdf/2024_001_04_00.pdf

³ 経済産業省(2024)「2024年度第1回総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委

また、特定の業種における課題ではないが、ベンチマーク制度の見直しを進めるべき理由の一つとしては、現行の省エネ法ではなく、旧省エネ法が適用されていることが挙げられる。これは、現行の省エネ法において見直された発熱量等の換算係数や、非化石エネルギーも含めるエネルギーの定義変更によって、ベンチマーク指標の目標水準が変動することが懸念されたことによる。ベンチマーク制度への現行の省エネ法の適用は、ベンチマーク指標を見直し時に合わせて検討する方針が示されている。

ベンチマーク制度では旧省エネ法が適用されている点を踏まえ、2024年度第1回工場等判断基準WGの委員より、「達成率の高い業種について、業界と見直しに関する意見交換を始めた方が良いのではないか。」⁴との指摘もあり、達成率の高い業種にベンチマーク指標の見直しが求められている。

そこで、本調査では達成率の高い洋紙製造業および石油化学系基礎製品製造業を対象とした産業部門のベンチマーク指標の見直しの検討を行う。

委員会工場等判断基準ワーキンググループ 資料4 省エネ法に関する措置について」

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/kojo_handan/pdf/2024_001_04_00.pdf

⁴ 経済産業省(2024) 「2024年度第1回総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会工場等判断基準ワーキンググループ 議事要旨」

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/kojo_handan/pdf/2024_001_gijiyoshi.pdf

2.1.2 洋紙製造業

2.1.2.1 対象事業におけるエネルギー消費状況の実態把握

1) 現在のベンチマーク指標の設定経緯

洋紙製造業では、平成 23 年度(2010 年度実績)の定期報告よりベンチマーク指標の報告が求められるようになった⁵。ベンチマーク指標は、洋紙製造工程におけるエネルギー使用量を洋紙生産量にて除した値(エネルギー使用量 [MJ] / 洋紙生産量 [t])である。

洋紙製造業においては、ベンチマーク指標および目標水準などの見直しがこれまで 2 回実施された。1 回目の見直しにおいては、目標水準のみが改正され、2017 年(2016 年度実績)報告分から適用された⁶。従来水準において、過去 4～5 年分の合計で達成率が 2 割を超えていたため、見直しが行われ、ベンチマーク目標導入時の 8,532MJ/t 以下から 6,626MJ/t 以下へと新しい水準が設定された。2 回目の見直しにおいては、ベンチマーク指標と目標水準の見直しが 2020 年度に行われ、令和 4 年度報告(2021 年度実績)より適用された⁷。2 回目の見直しでは、ベンチマーク指標として、従来目標水準である 6,626MJ/t とともに、再生可能エネルギーの導入状況によって変動する目標を採用した⁸。再生可能エネルギー使用率(以降、再エネ使用率)が 72%以上の事業者に対しては、これまで通りの 6,626MJ/t 以下とする目標水準が設定された。一方で再エネ使用率が 72%未満の事業者に対しては、 $(-23,664) \times \text{再エネ使用率} + 23,664$ MJ/t 以下のベンチマーク目標が適用されている。

このようなベンチマーク指標および目標水準が採用された背景としては、洋紙製造業においてはエネルギー原単位(ベンチマーク指標)が再生可能エネルギーの導入状況によって変動することが明らかになったためである。旧省エネ法は、化石エネルギーの使用の合理化を目的としており、再生可能エネルギーが控除されていた。そのため、従来目標水準である 6,626MJ/t は、一定割合の再生可能エネルギーを使用しなければ達成困難な水準であった。

事業者ごとに再エネ使用率が異なる理由としては、洋紙の製造工程が主な要因である。洋紙の製造工程では、洋紙の原料であるパルプを木材チップから製造する際に、黒液が発生する。黒液とは、木材チップを薬品で溶かし出し、木材パルプを抽出する際に発生する廃液のことで、洋紙製造業を中心に製紙業では黒液を燃料として有効利用している。この黒液の利用などにより、洋紙製造業においては、エネルギー使用量のうち再生可能エネルギーの使用量が約 60%を占める⁹。一方で、黒液はパルプを自社で製造して

⁵ 資源エネルギー庁(2012) 「エネルギーの使用の合理化等に関する法律に基づくベンチマークの報告結果について(平成 23 年度定期報告分)」

https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11657318/www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/benchmark/2011/

⁶ 経済産業省(2016) 「総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会 工場等判断基準ワーキンググループ 最終取りまとめ」

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/kojo_handan/pdf/report02_01.pdf

⁷ 資源エネルギー庁(2016) 「エネルギーの使用の合理化等に関する法律に基づくベンチマークの報告結果について(令和 4 年度定期報告分(令和 3 年度実績)分)」

https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/benchmark/pdf/benchmark_2022.pdf

⁸ 経済産業省(2021) 「総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会 工場等判断基準ワーキンググループ 中間取りまとめ」

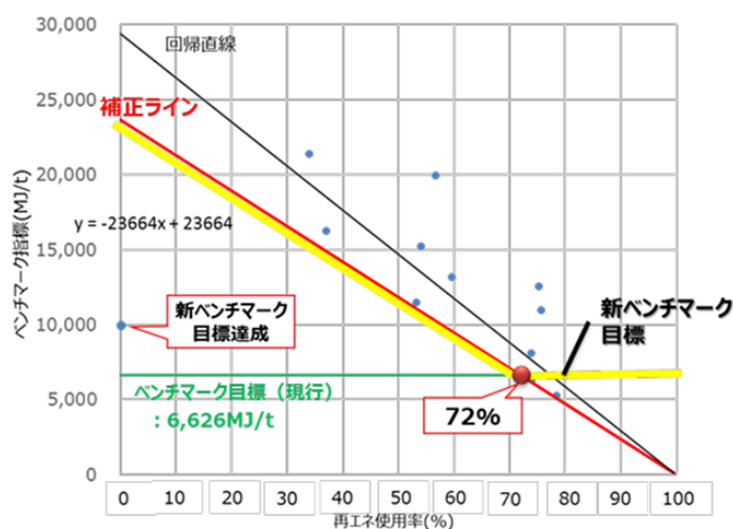
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/kojo_handan/pdf/20210323_1.pdf

⁹ 資源エネルギー庁(2023) 「令和 4 年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業 (2050 年カーボンニュート

いるか否か等、パルプの生産に左右されるため、黒液のみを極端に増やすことができない。そのため、事業者の再エネ使用率を踏まえた目標設定にすることで、再生可能エネルギーを多く導入できない場合においても、省エネによる取組のみで達成可能な目標水準に設定した。

具体的には、以下の図に示すような補正ベンチマークラインを設定し、同ラインが新たなベンチマークの目標水準として設定された。この補正ラインは、事業者の達成状況を踏まえて設定された。洋紙製造業のベンチマーク報告事業者への調査結果から、再エネ使用率が72%以上であれば、従来のベンチマーク目標を達成している事業者が存在することが確認された。一方で、再エネ使用率が72%未満の場合、ベンチマーク目標を達成した事業者はいなかった。そこで、下図のように、補正ラインとベンチマークラインの交点を再エネ使用率72%に設定した。再エネ使用率が72%を超える場合は現行のベンチマーク目標値を適用し、72%未満の場合は事業者の再エネ使用率に応じた補正ラインを適用することになった。

図表 2-2 洋紙製造業におけるベンチマーク指標のイメージ



(出所)経済産業省(2021)「総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会工場等判断基準ワーキンググループ中間取りまとめ」¹⁰より IEEJ 抜粋

2) 直近の達成状況と要因

洋紙製造業におけるベンチマーク指標の達成状況の推移を見ると、2020年度実績ではベンチマーク指標の達成率は7.1%(14者のうち1者が達成)であった。他方で、見直されたベンチマーク指標が適用された2021年度実績および2022年度実績においては、達成率が42.9%(14者のうち6者が達成)へと増加している。

ラルの実現に向けた需要側の非化石エネルギーへの転換等の促進に関する調査)」

https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2022FY/000570.pdf

¹⁰ 経済産業省(2021)「総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会 工場等判断基準ワーキンググループ 中間取りまとめ」

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/kojo_handan/pdf/20210323_1.pdf

図表 2-3 洋紙製造業におけるベンチマーク指標達成状況の推移

報告年度	H27年度報告	H28年度報告	H29年度報告	H30年度報告	R1年度報告	R2年度報告	R3年度報告	R4年度報告	R5年度報告
実績年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
平均値(MJ/t)	13,792	13,861	13,991	13,922	13,727	13,835	14,095	13,555	13,250
標準偏差(MJ/t)	5,401	5,451	5,588	5,519	5,318	4,988	4,401	4,544	4,534
達成事業者数	4	4	3	3	3	2	1	6	6
報告者数	20	19	18	18	18	16	14	14	14
達成割合	20.0%	21.1%	16.7%	16.7%	16.7%	12.5%	7.1%	42.9%	42.9%
目指すべき水準	8,532MJ/t以下		6,626MJ/t以下					【非化石使用率<72%】 非化石使用率で変動 【非化石使用率≧72%】 6,626MJ/t以下	

(出所)資源エネルギー庁 「各年度版 エネルギーの使用の合理化等に関する法律に基づくベンチマーク指標の報告結果について」¹¹より IEEJ 作成

ベンチマーク指標が見直しを契機に達成率が上昇していることから、新たに追加された再エネ使用率72%未満の目標水準による達成事業者が増加している可能性がある。

3) 非化石エネルギーの状況とベンチマーク対象化による影響

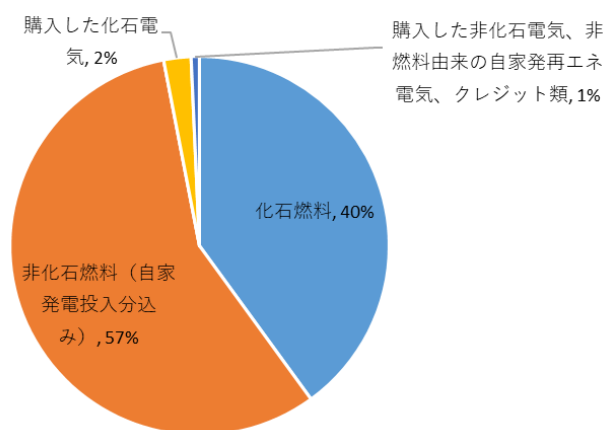
洋紙製造業における非化石エネルギーの状況を確認するために、「令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業(2050年カーボンニュートラルの実現に向けた需要側の非化石エネルギーへの転換等の促進に関する調査)」において実施した調査結果を用いた。この調査は、ベンチマーク対象業種を中心に非化石エネルギーの利用状況をアンケートによって調べたものである。この調査における非化石エネルギーを含むエネルギー使用量等のデータのバウンダリは、ベンチマーク対象業種においては、省エネ法におけるベンチマーク制度と同様である。

上述の調査に基づく、洋紙製造業の2020年度におけるエネルギー使用量の内訳は、化石燃料の割合が40%、非化石燃料の割合が57%であった。洋紙製造業において利用される非化石燃料は主に、黒液、RPF、ペーパースラッジ等であった。特に、黒液のエネルギー使用量が大きく、上記の調査に基づく2020年度実績においては、非化石燃料種別の内訳において黒液が70%を占めていた。

¹¹ 資源エネルギー庁 「各年度版 エネルギーの使用の合理化等に関する法律に基づくベンチマーク指標の報告結果について」

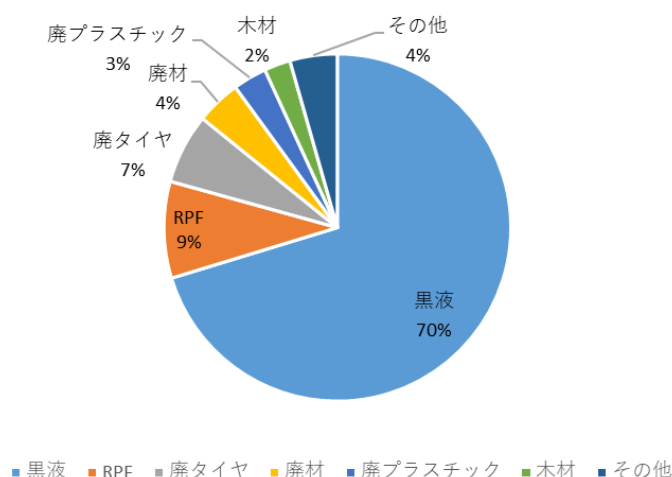
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/benchmark/

図表 2-4 洋紙製造業におけるエネルギー種別シェア (2020 年度)



(出所)資源エネルギー庁(2023) 「令和 4 年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業(2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた需要側の非化石エネルギーへの転換等の促進に関する調査)」¹² より IEEJ 作成

図表 2-5 洋紙製造業の非化石燃料種別の内訳 (2020 年度)



(出所)資源エネルギー庁(2023) 「令和 4 年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業(2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた需要側の非化石エネルギーへの転換等の促進に関する調査)」¹³ より IEEJ 作成

上記の調査結果を踏まえると、洋紙製造業のベンチマーク指標を現行の省エネ法へと対応した場合、非化石エネルギーの割合が高いことから、大きな影響が生じると考えられる。現在の洋紙製造業のベンチ

¹² 資源エネルギー庁(2023) 「令和 4 年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業 (2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた需要側の非化石エネルギーへの転換等の促進に関する調査)」

https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2022FY/000570.pdf

¹³ 資源エネルギー庁(2023) 「令和 4 年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業 (2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた需要側の非化石エネルギーへの転換等の促進に関する調査)」

https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2022FY/000570.pdf

マーク指標では、化石エネルギーのみを対象としているため、上記の非化石エネルギーの調査結果に基づくと、エネルギー使用量でみたカバー率は約 40%に留まる。すなわち、非化石エネルギーがベンチマーク指標の対象となった場合、エネルギー使用量のカバー率が2倍以上に拡大することがわかる。

このようなベンチマーク指標の対象となるエネルギー使用量の拡大に加え、その影響が事業者間で様ではないことも課題となる。現在の洋紙製造業におけるベンチマーク指標は、再エネ使用率に応じた目標水準を設定している。前述の通り、この目標水準が定められた背景としては、再生可能エネルギーの利用可能性が事業者によって異なるためであった。洋紙製造業のベンチマーク指標の見直しを検討した中間取りまとめより窺える範囲においても、再エネ使用率は0%から72%と事業者間でばらつきがあることから、非化石エネルギーを含むベンチマーク指標へと変更した場合、事業者ごとに計上される非化石エネルギーの大きさは異なることが想定される。

2.1.2.2 ベンチマーク指標等の提言

洋紙製造業のベンチマーク指標の見直しの際には、ベンチマークの目標水準のみならず指標自体を見直すことも検討すべきである。洋紙製造業においては、非化石エネルギー使用量が全体のエネルギー使用量の過半数に達するため、非化石エネルギーをベンチマーク指標の対象とした場合、大きな影響を受けると想定される。加えて、現行のベンチマーク指標では、再生可能エネルギーの導入に応じて目標が変動する指標を採用していることから、単純な目標水準の変更に留まらず、指標自体の変更も検討する必要がある。

2.1.2.3 国際水準との比較分析

1) EU-ETS との比較

EU-ETS の製品ベンチマークにおける洋紙関連の対象製品は、新聞印刷紙、塗工上質紙、非塗工上質紙及び衛生紙の 4 種類で、フェーズ 4 におけるベンチマーク値は 0.226~0.254 tCO₂/t となっている。

EU-ETS の製品ベンチマークの対象プロセスは上記 4 種類共通で、①紙の生産設備、②接続されたエネルギー変換ユニット(ボイラー等)、③その他燃料使用プロセスを含む。ただし、EU-ETS の製品ベンチマークはパルプ製造工程(上工程)を含まないのに対して、日本のベンチマークは上工程を含む点に大きな相違がある。加えて、日本の洋紙製造業のベンチマーク指標はエネルギー消費原単位(MJ/t)であるため、両者の比較のためには単位換算が必要である。

上述のとおり、日本のベンチマークと EU-ETS の製品ベンチマークは、生産量やエネルギーのバウンダリが一致せず単位も異なるため、比較を行う際は十分留意が必要である。あくまで参考比較であるが、2019 年度の総合エネルギー統計「紙」部門のエネルギー消費量及び CO₂ 排出量のデータを使用し、日本の現行のベンチマーク目標値を CO₂ ベースに換算すると 0.274 (tCO₂/t)となる。

図表 2-6 EU-ETS の製品ベンチマークにおける洋紙関連の対象製品(その 1)

製品	Newsprint (新聞印刷紙)
ベンチマーク値	0.226 tCO ₂ /トン(2021 年から 2025 年)phase 4 0.298 tCO ₂ /トン(2013 年から 2020 年)phase 3
製品単位	純販売可能風乾トン(Adt, Air Dried Tonne) (Adt は湿度 6%と定義)
対象製品	新聞印刷用紙は、機械仕上げ又はわずかに表面を滑らかにした、白又はわずかに着色されたもので、活版印刷、オフセット印刷、フレキソ印刷用のリールで使用される。主に、新聞の印刷用に巻取もしくはシート状で使用される。
対象プロセス	製紙における全てのプロセス、特に <ul style="list-style-type: none"> ・ 紙又は板紙の設備 ・ 接続されたエネルギー変換設備(ボイラー/ CHP) ・ 直接プロセスにおける燃料の使用 含まれていないプロセス <ul style="list-style-type: none"> ・ 製材活動 ・ 木工活動 ・ 販売用化学物質の生産、 ・ 廃棄物処理(オフサイトの代わりにオンサイトでの廃棄物処理(乾燥、ペレット化、焼却、埋め立て)) ・ PCC(沈殿炭酸カルシウム)の生産 ・ 臭気ガスの処理 ・ 地域暖房
対象排出	・ 生産に関連する消費電力の排出量は対象外

	・ 測定可能な熱(蒸気、温水など)の外販は対象外
--	--------------------------

(出所)European Commission (2021) “Update of benchmark values for the years 2021 – 2025 of phase 4 of the EU ETS”及び European Commission (2024) “Guidance Document no.9 on the harmonised free allocation methodology for the EU ETS – 2024 revision”より IEEJ 作成

図表 2-7 EU-ETS の製品ベンチマークにおける洋紙関連の対象製品 (その2)

製品	Coated fine paper (塗工上質紙)
ベンチマーク値	0.242 tCO ₂ /トン(2021年から2025年)phase 4 0.318 tCO ₂ /トン(2013年から2020年)phase 3
製品単位	同上表
対象製品	塗工上質紙は、主に化学パルプによって製造されコーティングされた上質紙で、様々な用途のプロセスでコーティングされ、主に出版物に使用される。また、機械パルプから作られてコーティングされた製品はグラフィックや雑誌に使用される。主に、記述用、印刷用、グラフィック用、コピー用、転写紙で使用される。
対象プロセス	同上表
対象排出	同上表

(出所)European Commission (2021) “Update of benchmark values for the years 2021 – 2025 of phase 4 of the EU ETS”及び European Commission (2024) “Guidance Document no.9 on the harmonised free allocation methodology for the EU ETS – 2024 revision”より IEEJ 作成

図表 2-8 EU-ETS の製品ベンチマークにおける洋紙関連の対象製品 (その3)

製品	Uncoated fine paper (非塗工上質紙)
ベンチマーク値	0.242 tCO ₂ /トン(2021年から2025年)phase 4 0.318 tCO ₂ /トン(2013年から2020年)phase 3
製品単位	同上表
対象製品	非塗工上質紙は、印刷またはグラフィックに適しており、主にバージンパルプから製造され、コピー用紙や文房具、本などの事務用に使用される。また、機械パルプから製造された非塗工上質紙はパッケージ、グラフィック、雑誌に使用される。主にグラフィック紙、板紙、手すき紙、ロール紙もしくはシート状の紙(新聞用除く)、感光紙の材料、感熱紙の材料、感電性紙の原料、非塗工壁紙の原料に使われている。
対象プロセス	同上表
対象排出	同上表

(出所)European Commission (2021) “Update of benchmark values for the years 2021 – 2025 of phase 4 of the EU ETS”及び European Commission (2024) “Guidance Document no.9 on the harmonised free allocation methodology for the EU ETS – 2024 revision”より IEEJ 作成

図表 2-9 EU-ETS の製品ベンチマークにおける洋紙関連の対象製品 (その4)

製品	Tissue (衛生紙)
ベンチマーク値	0.254 tCO ₂ /トン(2021年から2025年)phase 4 0.334 tCO ₂ /トン(2013年から2020年)phase 3
製品単位	原紙リール(parent reel) 単位
対象製品	衛生紙は、家庭や商業及び産業施設で使用するための様々なティッシュペーパーやその他の衛生紙で、トイレトペーパー、ティッシュペーパー、キッチンタオル、ハンドタオル、工業用ワイプ、赤ちゃんのおむつの製造、生理用ナプキンなどに使用される。用途は、家庭用もしくは衛生目的のトイレトペーパーやティッシュペーパーである。 主な製品は、ロール状やシート状の家庭用または衛生用の紙綿、ロール状やシート状の家庭用又は衛生用のちりめん紙や織紙、トイレトペーパー、紙ハンカチ及びクレンジングもしくはティッシュペーパー、ハンドタオル、紙のテーブルクロスやナプキン、乳児用ナプキン及びナプキンライナー、紙のアパレルや衣料品のアクセサリー、家庭用、衛生用、又は病院用の紙製品など。
対象プロセス	同上表
対象排出	同上表

(出所)European Commission (2021) “Update of benchmark values for the years 2021 – 2025 of phase 4 of the EU ETS”及び European Commission (2024) “Guidance Document no.9 on the harmonised free allocation methodology for the EU ETS – 2024 revision”より IEEJ 作成

2.1.3 石油化学基礎製品

2.1.3.1 対象事業におけるエネルギー消費状況の実態把握

1) 現在のベンチマーク指標の設定経緯

石油化学系基礎製品製造業では、平成 23 年度(2010 年度実績)の定期報告よりベンチマーク指標の報告が求められるようになった¹⁴。ベンチマーク指標は、下記に示すように、エチレン等製造設備におけるエネルギー使用量をエチレン等の生産量で除した値である。目標水準は 11.9GJ/t 以下である。

$$\frac{\text{エチレン等製造設備(ナフサクラッカー)におけるエネルギー使用量(GJ)}}{\text{エチレン等の生産量(t)(エチレン+プロピレン+ブタン-ブテン中のブタジエン含有量+分解ガソリン中のベンゼン含有量)}}$$

石油化学系基礎製品製造業におけるベンチマーク目標は、ベンチマーク制度導入時より変更されていない。50%の事業者がベンチマーク目標を達成しているため、2021 年度に石油化学系基礎製品製造業におけるベンチマーク目標の見直しが検討されたが、調査の結果、本来は報告対象外の事業者が含まれていることなどの要因によって達成率が上昇していることが明らかになった。このような制度趣旨に沿わない事業者や報告内容を調整した結果目標達成率は 25%となったため、見直しは行わないこととした¹⁵。

2) 直近の達成状況と要因

石油化学系基礎製品製造業におけるベンチマーク指標の達成状況の推移を見ると、2020 年度実績ではベンチマーク指標の達成率は 25%(8 者のうち 2 者が達成)であった。他方で、2021 年度実績および 2022 年度実績においては、達成率が 50%(8 者のうち 4 者が達成)へと増加している。達成事業者が増加した要因については不明であるため、事業者へヒアリングを行うなどさらなる調査が必要である。

図表 2-10 石油化学系基礎製品製造業におけるベンチマーク指標達成状況の推移

報告年度	H27年度報告	H28年度報告	H29年度報告	H30年度報告	R1年度報告	R2年度報告	R3年度報告	R4年度報告	R5年度報告
実績年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
平均値	12.5	12.2	12.5	12.3	12.3	12.2	12.3	11.9	12.0
標準偏差	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9
達成事業者数	3	4	3	3	2	2	2	4	4
報告者数	9	8	8	9	8	8	8	8	8
達成割合	33%	50%	38%	33%	25%	25%	25%	50%	50%

注：上記は過去において誤りと思われる報告値を修正したものであり、公表結果とは必ずしも一致しない。

(出所)資源エネルギー庁 「各年度版 エネルギーの使用の合理化等に関する法律に基づくベンチマーク指標の報告結果について」および省エネ法定期報告¹⁶より IEEJ 作成

¹⁴ 資源エネルギー庁(2012) 「エネルギーの使用の合理化等に関する法律に基づくベンチマークの報告結果について(平成 23 年度定期報告分)」

https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11657318/www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/benchmark/2011/

¹⁵ 資源エネルギー庁(2022) 「総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会 工場等判断基準ワーキンググループ 中間取りまとめ」

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/kojo_handan/pdf/20220324_1.pdf

¹⁶ 資源エネルギー庁 「各年度版 エネルギーの使用の合理化等に関する法律に基づくベンチマーク指標の報告結果について」

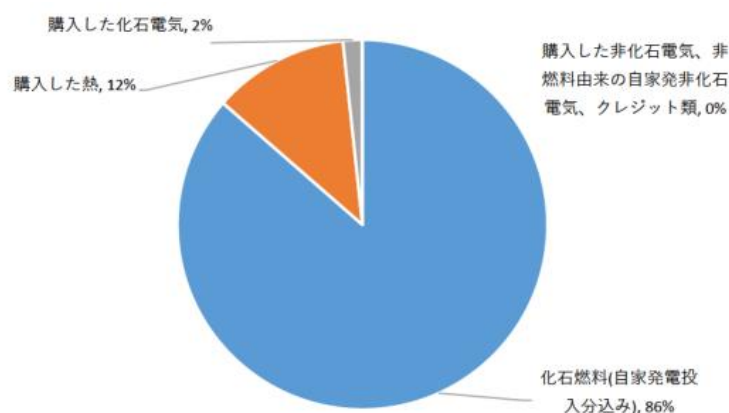
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/benchmark/

3) 非化石エネルギーの状況とベンチマーク対象化による影響

石油化学基礎製品製造業における非化石エネルギーの状況を確認するために、「令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業(2050年カーボンニュートラルの実現に向けた需要側の非化石エネルギーへの転換等の促進に関する調査)」において実施した調査結果を用いた。この調査は、ベンチマーク対象業種を中心に非化石エネルギーの利用状況をアンケートによって調べたものである。この調査における非化石エネルギーを含むエネルギー使用量等のデータのバウンダリは、ベンチマーク対象業種においては、省エネ法におけるベンチマーク制度と同様である。

石油化学系基礎製品製造業におけるエネルギー使用量の内訳は、2020年度において、化石燃料の割合が86%、購入した熱の割合が12%、購入した化石電気が2%であった。

図表 2-11 石油化学系基礎製品製造業におけるエネルギー種別シェア (2020年度)



(出所)資源エネルギー庁(2023)「令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業(2050年カーボンニュートラルの実現に向けた需要側の非化石エネルギーへの転換等の促進に関する調査)」¹⁷より IEEJ 抜粋

非化石エネルギー使用量の高い洋紙製造業とは異なり、石油化学系基礎製品製造業においては、非化石エネルギーを含むベンチマーク指標へと見直しを行っても、化石エネルギーがエネルギー使用量の大宗を占めるため、ベンチマークの達成状況への影響は大きくはないと考えられる。

¹⁷ 資源エネルギー庁(2023)「令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業(2050年カーボンニュートラルの実現に向けた需要側の非化石エネルギーへの転換等の促進に関する調査)」

https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2022FY/000570.pdf

2.1.3.2 ベンチマーク指標等の提言

省エネ法の改正により、定期報告におけるエネルギー使用量の対象が、化石エネルギーだけでなく非化石エネルギーについても含まれるようになった。現状のベンチマーク指標では、非化石エネルギーは対象外であるが、将来的にベンチマーク指標を検討する際は、算定内にするか引き続き算定外とするかも含めて検討する必要がある。ただし、例えば副産物である黒液を活用する洋紙製造業は非化石エネルギーを対象とする影響は大きい。石油化学系基礎製品製造業では、概ね全量が化石エネルギーを占めているため影響度合いは比較的小さいと考えられる。

2.1.3.3 国際水準との比較分析

1) EU-ETS との比較

EU-ETS の製品ベンチマークにおけるクラッカー関連の対象製品は下表のとおりで、フェーズ 4 におけるベンチマーク値は 0.681 tCO₂/t となっている。日本の石油化学系基礎製品製造業のベンチマーク指標はエネルギー消費原単位(GJ/t)であるため、両者の比較のためには単位換算が必要である。

日本のベンチマークと EU-ETS の製品ベンチマークは、生産量やエネルギーのバウンダリが必ずしも一致せず単位も異なるため、比較を行う際は十分留意が必要である。あくまで参考比較であるが、2019 年度の総合エネルギー統計「石油化学製品動力燃料」部門のエネルギー消費量及び CO₂ 排出量のデータを使用し、日本の現行のベンチマーク目標値を CO₂ ベースに換算すると 0.746 (tCO₂/t) となり、EU-ETS の phase 4 における規定値 0.681 (tCO₂/t) よりはやや大きい値となっている。しかし、自家発を含む電源構成の違いや上述のバウンダリの違いなど省エネ以外の要素も影響していると考えられる。

図表 2-12 EU-ETS の製品ベンチマークにおけるクラッカー関連の対象製品

製品	Steam Cracking (high value chemicals)
ベンチマーク値	0.681 tCO ₂ /トン(2021 年から 2025 年)phase 4 0.702 tCO ₂ /トン(2013 年から 2020 年)phase 3
製品単位	トン
対象製品	アセチレン、エチレン、プロピレン、ブタジエン、ベンゼン、水素から構成される HVC (high value chemicals) の混合物 ・ 水素はメタンから分離されたケミカルグレード製品を対象とする
対象事業者の条件	エチレンの全生産品に占める重量%が 30%を超え、かつ HVC、燃料ガス、ブテン、液体炭化水素の全生産品に占める重量%が 50%を超える
対象プロセス	・アセチレン、エチレン、プロピレン、ブタン-ブテン留分、分解ガソリン及びその他の副産物を製造するプロセス ・クインチ(C5 留分)及び Primary fractionator(C8+留分) ・フレアシステムへのガス供給プロセス
対象排出	・ 生産に関連する消費電力の排出量を対象とする ・ 測定可能な熱(蒸気、温水など)の外販は対象外

(出所)European Commission (2021) “Update of benchmark values for the years 2021 – 2025 of phase 4 of the EU ETS”及び European Commission (2024) “Guidance Document No.9 on the harmonised free allocation methodology for the EU ETS – 2024 revision”より IEEJ 作成

2.2 業務部門ベンチマークの指標等の見直しの検討

2.2.1 データセンター業ベンチマーク制度に関するフォローアップ

2.2.1.1 定期報告書を用いた省エネ推進状況の分析

1) 特定表を用いたデータセンター業ベンチマーク制度の達成状況の分析

令和4年4月よりデータセンター業がベンチマーク制度の対象業種として加わり、令和5年度提出の省エネ法定期報告書においてベンチマーク指標が初報告された。

データセンター業におけるベンチマーク指標はデータセンターにおけるエネルギー使用量の合計(kWh)を、データセンターにおけるIT機器エネルギー使用量の合計(kWh)で割った値(以下「事業者PUE」という。)である。なお、目指すべき水準は1.4以下である。

本項では、昨年度に引き続き令和6年度提出(令和5年度実績)の省エネ法定期報告書の特定6表・7表のデータをもとに、データセンター業ベンチマーク制度の達成状況についてまとめ、データセンター業ベンチマーク制度のフォローアップを行う。なお、データは確定前の速報値であることに留意が必要である。

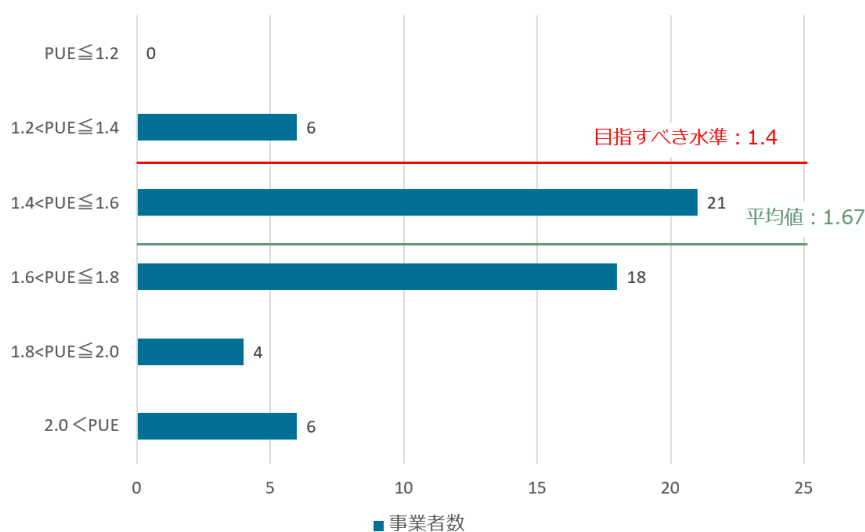
下記に示す通り、データセンター業ベンチマーク指標を報告した55事業者のうち、目指すべき水準1.4を達成したのは6事業者で、達成率は約10.9%であった。また、事業者PUEの平均値は1.67であった。

図表 2-13 令和5年度実績のデータセンター業 BM 指標の達成状況

区分	区分名称	BM指標	目標値	報告事業者数	達成事業者数	達成率	平均値	中央値	最小値	最大値
16	データセンター業	事業者が運営又は利用する全てのデータセンターにおけるエネルギー使用量の合計(kWh)を、全てのIT機器エネルギー使用量の合計(kWh)で割った値	1.4	55	6	10.9%	1.67	1.61	1.26	2.63

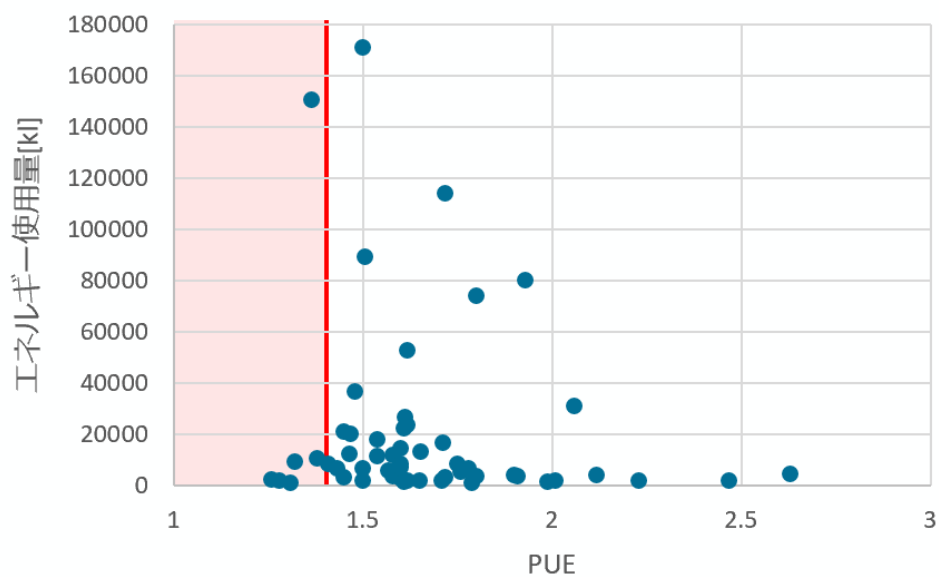
(出所)令和6年度省エネ法定期報告より NRI 作成

図表 2-14 ベンチマーク指標(事業者 PUE) と事業者数の分布



(出所)令和6年度省エネ法定期報告より NRI 作成

図表 2-15 ベンチマーク指標（事業者 PUE）とエネルギー使用量の分布



注：エネルギー使用量は特定 6 表 BM 指標区分の対象事業のエネルギー使用量[kWh]を用いている。
(出所)令和 6 年度省エネ法定期報告より NRI 作成

2) 指定表を用いたデータセンターに関する分析

省エネ法定定期報告書では、指定表において事業所ごとのエネルギー消費原単位の改善状況やエネルギー使用の合理化に関する取組等の情報を報告している。本項では、令和6年度提出(令和5年度実績)の省エネ法定定期報告書の指定表のデータをもとに、データセンターを営んでいる可能性のある施設(中分類37:通信業、39:情報サービス業、40:インターネット付随サービス業)について、そのエネルギー消費原単位の改善状況や原単位に用いている生産数量について取りまとめる。なお、データは確定前の速報値であることに留意が必要である。

分析方法は、2019年度～2024年度提出の指定表から、ユニークな【特定事業者番号】と【エネルギー管理指定工場等番号】を抽出し、事業者リストを作成した。事業者リストに対し、【エネルギー管理指定工場等番号】を主キーとして下記の情報を取得した。

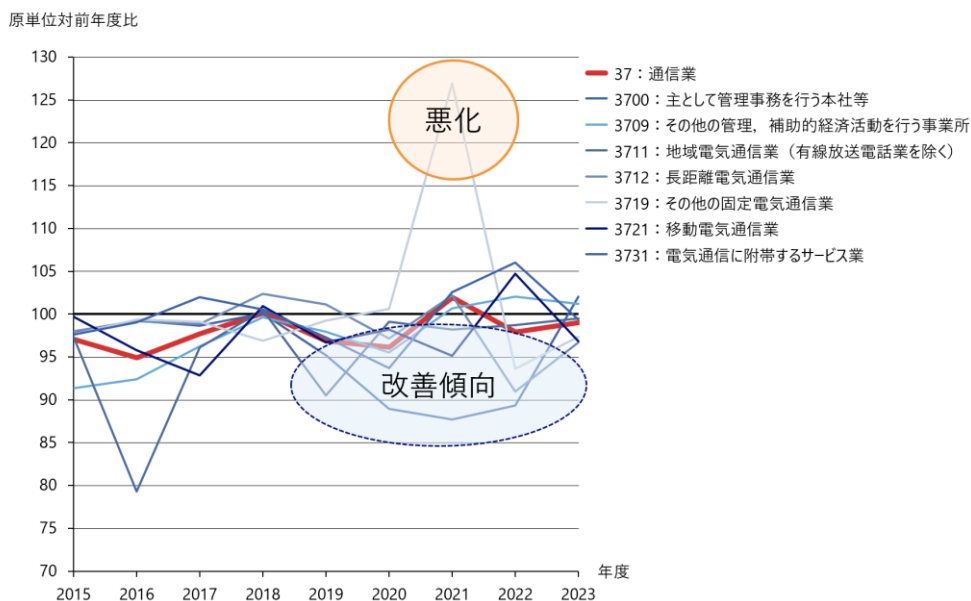
- 合計エネルギー使用量[kl](2018～2023年度実績)
- 原単位(2014～2023年度実績)*
- 原単位対前年度比(2015～2023年度実績)*
- 生産数量単位/生産数量項目/生産数量(2018～2023年度実績)
- エネルギー使用合理化措置概要/5年平均1%改善ができなかった理由/前年度に比べ原単位が改善できなかった理由(2023年度)

*2017年度以前のデータは2019年度提出の過去の実績値をもとに取得

観点①原単位対前年度比の傾向

下記に中分類 37:通信業の 2015 年～2023 年の原単位対前年度比をプロットした。通信業は、通年で上下に推移しているものの、直近 2 年度間は原単位対前年度比が 100 を下回っており、改善傾向にあるといえる。細分類 3719:その他の固定電気通信業については、2021 年度の原単位が 150 を上回る事業所が 5 つ存在しており、いずれも生産数量が大幅に減少したことに起因して原単位が悪化している(当該事業所を除いた場合の平均値は約 99)。

図表 2-16 通信業における原単位対前年度比の推移と傾向



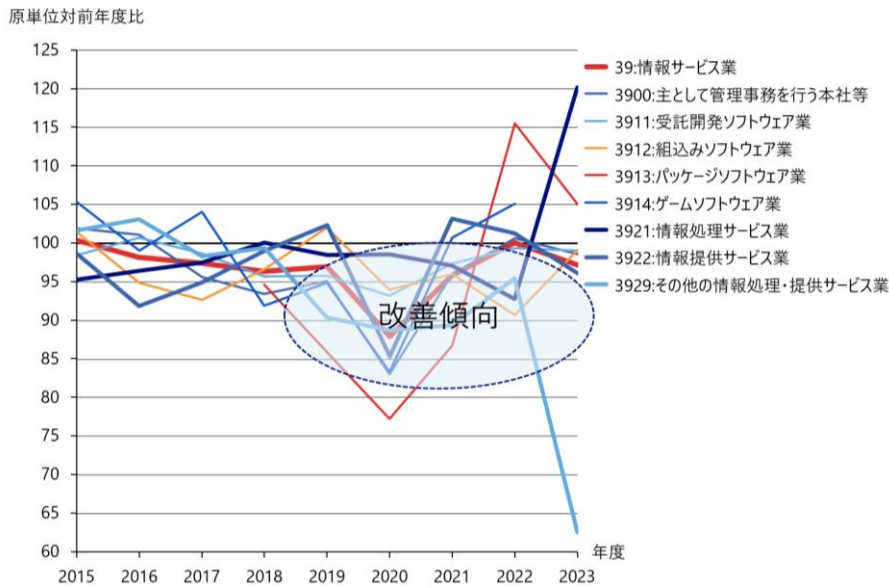
(出所)2019～2024 年度提出(2018～2023 年実績)の省エネ法定期報告 指定表データより NRI 作成

次に、中分類 39:情報サービス業の 2015 年～2023 年の原単位対前年度比をプロットした。なお、下記の細分類業種は 1 事業所ずつ報告されているため、全体傾向でないことに留意いただきたい。

- 細分類 3913:パッケージソフトウェア業
- 細分類 3914:ゲームソフトウェア業

情報サービス業は概ね通年通して原単位対前年度比が 100 を下回っており、改善傾向にあるといえる。なお、細分類 3929:その他の情報処理・提供サービス業は、2 事業所の 2023 年度の対前年度比が 10 であったことから、大きく下降する結果となった(当該 2 事業所を除いた場合の平均値も約 97 と改善傾向にある)。また、細分類 3921:情報処理サービス業は、1 事業所の 2023 年度の対前年度比が 1476 であったことから、大きく上振れする結果となった(当該事業所を除いた場合の平均値は約 96 のため、改善傾向にある)。

図表 2-17 情報サービス業における原単位対前年度比の推移と傾向



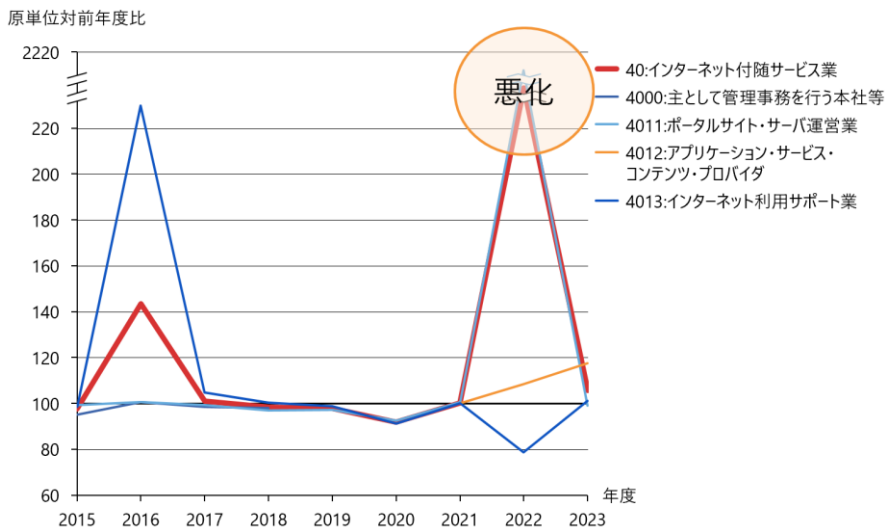
(出所)2019～2024 年度提出(2018～2023 年実績)の省エネ法定期報告 指定表データより NRI 作成

最後に、中分類 40:インターネット付随サービス業の 2015 年～2023 年の原単位対前年度比をプロットした。なお、下記の業種は 1 事業所のみ報告されているため、全体傾向でないことに留意いただきたい。

- 細分類 4000:主として管理事務を行う本社等

インターネット付随サービス業はコロナ禍である 2020 年度には原単位が改善傾向にあるが、2022 年度の大きな上振れを経て、対前年度比は業種平均で 105 と悪化している。なお、細分類 4011:ポータルサイト・サーバ運営業について、2022 年度は 1 社が 6000 を超える対前年度比を報告していたため、大きく上振れる結果となった(当該事業者を除いても平均は 125.8 である)。いずれも生産数量の減少により悪化したと考えられる。

図表 2-18 情報サービス業豪における原単位対前年度比の推移と傾向



(出所)2019～2024 年度提出(2018～2023 年実績)の省エネ法定期報告 指定表データより NRI 作成

参考として、3業種の原単位改善率の傾向を下記にまとめる。

図表 2-19 情報サービス業における原単位対前年度比の推移と傾向

中分類番号	細分類番号	細分類名	事業者数	2015 原単位前年度比	2016 原単位前年度比	2017 原単位前年度比	2018 原単位前年度比	2019 原単位前年度比	2020 原単位前年度比	2021 原単位前年度比	2022 原単位前年度比	2023 原単位前年度比	5年平均原単位変化(2019-2023)
37 通信業	合計		361	97.1	94.9	97.7	100.1	96.8	96.2	101.9	97.9	99.0	98.0
	3700	主として管理事務を行う本社等	8	97.9	99.2	98.6	100.1	95.2	88.9	87.7	89.3	102.1	95.7
	3709	その他の管理、補助的経済活動を行う事業所	3	91.3	92.4	96.2	99.6	97.9	95.5	100.7	102.1	101.2	99.8
	3711	地域電気通信業（有線放送電話業を除く）	92	97.4	79.3	96.1	100.5	90.5	99.1	98.2	98.7	99.5	99.0
	3712	長距離電気通信業	68	98.0	99.2	98.9	102.4	101.1	97.2	102.2	91.0	96.7	94.5
	3719	その他の固定電気通信業	114	97.6	99.4	99.1	96.9	99.2	100.6	126.9	93.6	97.3	96.8
	3721	移動電気通信業	68	99.7	95.8	92.9	100.9	96.7	98.2	95.1	104.7	96.8	99.4
	3731	電気通信に附帯するサービス業	8	97.6	99.0	102.0	100.5	97.3	93.7	102.6	106.0	99.3	100.6
39 情報サービス業	合計		162	100.3	98.1	97.4	96.3	97.0	87.9	95.8	100.1	97.2	93.2
	3900	主として管理事務を行う本社等	8	101.9	101.1	95.6	93.4	95.1	83.0	95.9	100.6	98.5	93.8
	3911	受託開発ソフトウェア業	31	98.4	100.7	98.6	95.7	95.7	93.1	97.3	99.3	99.0	97.6
	3912	組込みソフトウェア業	2	101.4	94.8	92.6	96.6	102.0	93.9	96.0	90.7	99.1	94.7
	3913	パッケージソフトウェア業	1				94.6		77.2	86.7	115.5	105.0	94.9
	3914	ゲームソフトウェア業	1	105.3	99.0	104.0	91.9	94.8	83.3	100.7	105.1		
	3921	情報処理サービス業	108	95.2	96.4	97.5	100.0	98.5	98.5	97.1	92.8	120.2	98.9
	3922	情報提供サービス業	5	98.6	91.8	94.9	99.0	102.3	85.3	103.2	101.2	96.1	93.8
	3929	その他の情報処理・提供サービス業	6	101.6	103.1	98.3	99.4	90.3	88.7	89.4	95.4	62.5	79.0
40 インターネット付随サービス業	合計		17	97.6	143.5	100.8	98.3	97.9	91.9	100.2	799.7	105.7	95.7
	4000	主として管理事務を行う本社等	1	95.0	100.4	98.4	97.9						
	4011	ポータルサイト・サーバ運営業	7	99.3	100.5	99.3	96.8	97.1	92.5	100.5	2212.0	98.9	96.5
	4012	アプリケーション・サービス・コンテンツ・プロバイダ	4							100.1	108.2	117.4	100.2
	4013	インターネット利用サポート業	5	98.4	229.7	104.7	100.3	98.7	91.3	99.9	78.7	101.0	90.3

注：指定表の提出もしくはデータの一部がなかった箇所を「-」としている。

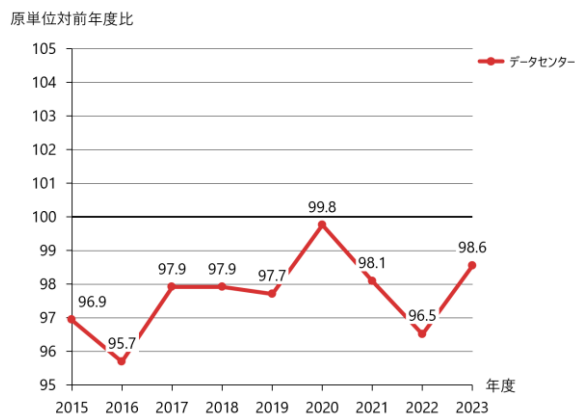
注：原単位前年度比は2019～2024年度提出(2018～2023年実績)をもとに、5年平均原単位変化(2019-2023)は2024年度提出(2023年度実績)の値をもとに異常値を含めて算出している。

(出所)2019～2024年度提出(2018～2023年実績)の省エネ法定期報告 指定表データより NRI 作成

エネルギー管理指定工場等名称に「データセンター」「DC」「IDC」が含まれる事業所、および公開情報に基づき、データセンターのみに絞って原単位対前年度比の分析を行った。中分類が37:通信業、38:放送業、39:情報サービス業、40:インターネット付随サービス業に該当する568事業所のうち、173事業所がデータセンターに該当した。

外れ値を除外するため対前年度比が50以上150以下の値に絞ってグラフに表したところ、対前年度比は100以下で推移しており、全体的にエネルギー効率は改善傾向にあると言える。

図表 2-20 情報サービス業における原単位対前年度比の推移と傾向



(出所)2019～2024年度提出(2018～2023年実績)の省エネ法定期報告 指定表データより NRI 作成

観点②生産数量に用いられている単位とその動向

エネルギー消費原単位の分母である生産数量について、37:通信業、38:放送業、39:情報サービス業、40:インターネット付随サービス業を対象にどのような生産数量が用いられているかを集計した。下記の青色でハイライトしている【通信設備の電力使用量】、【延床面積】、【IT 機器の電力使用量】が生産数量として用いられることが多い。

図表 2-21 生産数量に用いられている単位と、採用している事業者数

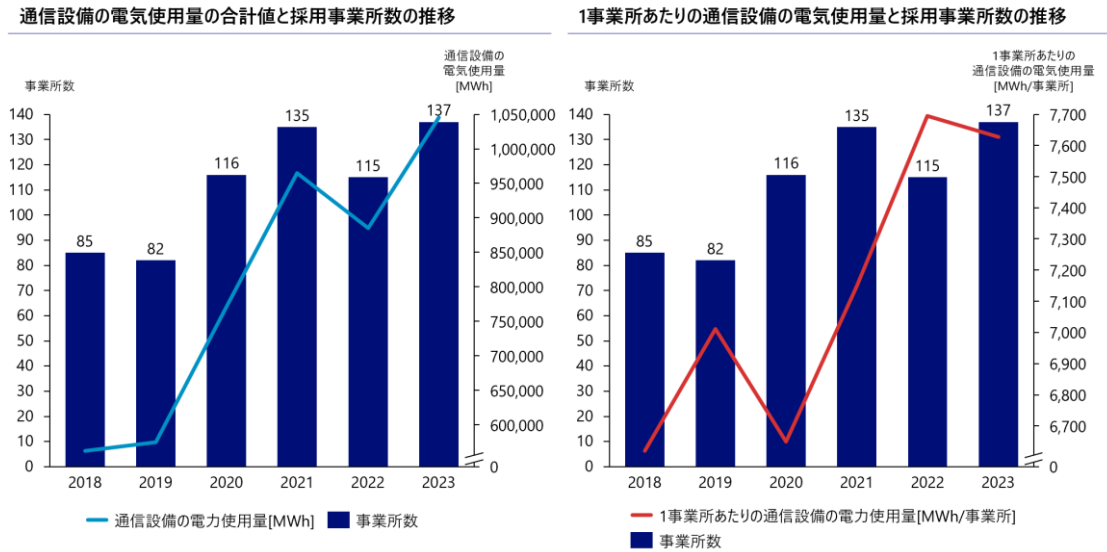
生産数量名	単位	2018	2019	2020	2021	2022	2023
IT機器の消費電力	kW	1	1	1	1	1	1
IT機器のエネルギー使用量（原油換算）	kl	19	17	17	16	19	34
IT機器の電力使用量	MWh	24	26	26	31	49	53
CPUの電力使用量	MWh	7	6	6	6	5	5
UPSのエネルギー使用量（原油換算）	kl	1	1	2	2	2	1
UPSの電力使用量	MWh	11	10	10	11	5	4
インバーターの電力使用量	MWh	1	1	1	1	1	1
通信設備のエネルギー使用量（原油換算）	kl	3	3	3	3	0	0
通信設備の電力使用量	MWh	85	82	116	135	115	137
サーバーラック台数	台	14	12	12	16	15	14
稼働サーバーラック台数	台	16	13	13	6	4	4
延床面積	m ²	113	110	79	71	74	69
稼働面積	m ²	7	7	8	6	5	6
その他床面積	m ²	1	1	1	1	2	0
空調床面積	m ²	2	2	2	2	2	2
延床面積×稼働日数	m ² ・日	6	6	6	6	7	6
延床面積×在籍人数	m ² ・百万人	1	1	1	1	1	1
DC以外の延床面積×IT機器の電力使用量	m ² ・MWh	3	3	2	2	2	2
空調実施体積	m ³	3	3	3	3	3	3
トラフィック量	Mbps	17	17	17	17	45	17
サーバー台数	台	0	1	1	1	1	1
回線数	回線	3	4	4	3	1	1
放送時間	時間	3	3	3	3	2	2
契約数	契約	1	1	1	3	0	0
加入者数	人	42	32	2	2	0	0
売上高	百万円	19	18	20	18	13	11
固定資産	百万円	4	4	4	4	4	4
営業収益	百万円	10	10	10	11	0	0
従業員数	人	2	2	2	2	2	1
走行キロ	km	2	2	2	2	2	2
その他	その他	25	25	27	20	21	17
不明	不明	1	1	2	2	1	0

(出所)2019～2024 年度提出(2018～2023 年実績)の省エネ法定期報告 指定表データより NRI 作成

生産数量に用いられる上位3つ(通信設備の電力使用量、延床面積、IT 機器の電力使用量)について、生産数量の経年の変化を見るにあたり、生産数量の合計と1事業所当たりの値を集計した。

まず、通信設備の電力使用量について、採用事業所数・通信設備の電力使用量は増加傾向にあり、2018年度と比較して2023年度の1事業所あたりの通信設備の電力使用量は15%増となっている。

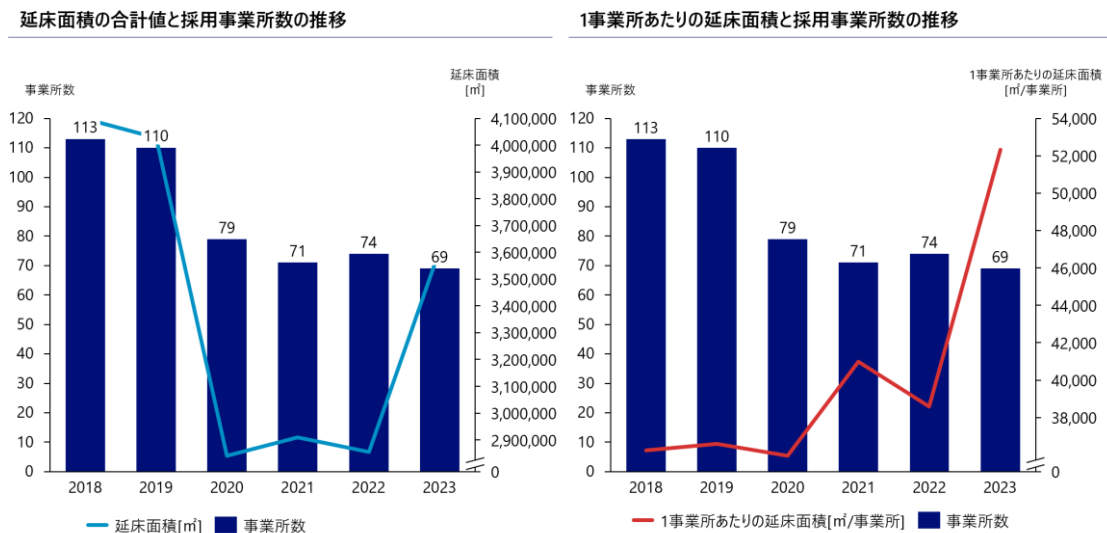
図表 2-22 通信設備の電力使用量の合計と1事業所あたりの値



(出所)2019～2024 年度提出(2018～2023 年実績)の省エネ法定期報告 指定表データより NRI 作成

続いて、延床面積の合計と1事業所あたりの値について集計した。採用事業所数は減少傾向にあるものの1事業所あたりの延床面積は近年増加傾向にあり、2018 年度と比較して2023 年度は44%増となっている。

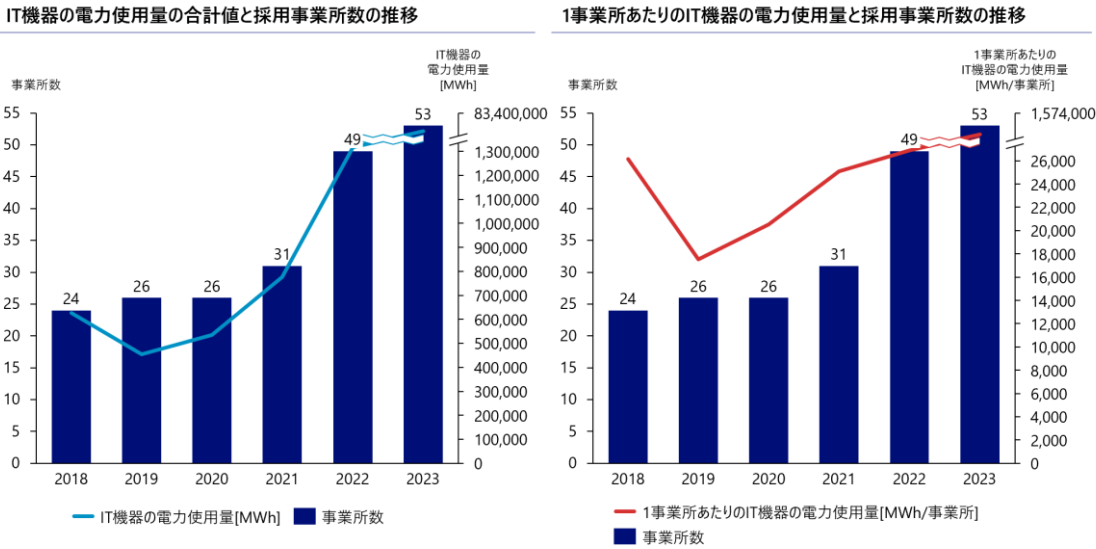
図表 2-23 延床面積の合計と1事業所あたりの値



(出所)2019～2024 年度提出(2018～2023 年実績)の省エネ法定期報告 指定表データより NRI 作成

最後に、IT 機器の電力使用量の合計と 1 事業所あたりの値を集計した。採用事業所数・IT 機器の電力使用量ともに増加傾向にあるが、2023 年度では一事業所が異常値と考えられる IT 機器の電力使用量を回答していたため合計値・1 事業所あたりの電力使用量大きく伸びる結果となった。異常値を除いた場合の合計値は 1,530,076MWh で、1 事業所あたりの IT 機器の電力使用量は 26,869MWh/事業所となる。

図表 2-24 IT 機器の電力使用量の合計と 1 事業所あたりの値



(出所)2019～2024 年度提出(2018～2023 年実績)の省エネ法定期報告 指定表データより NRI 作成

エネルギー消費原単位の分母である生産数量について、データセンターに該当する事業所に絞ってどのような生産数量が用いられているかを集計した。下記の青色でハイライトしている【IT 機器の電力使用量】、【延床面積】が生産数量として用いられることが多い。

図表 2-25 生産数量に用いられている単位と、採用している事業者数

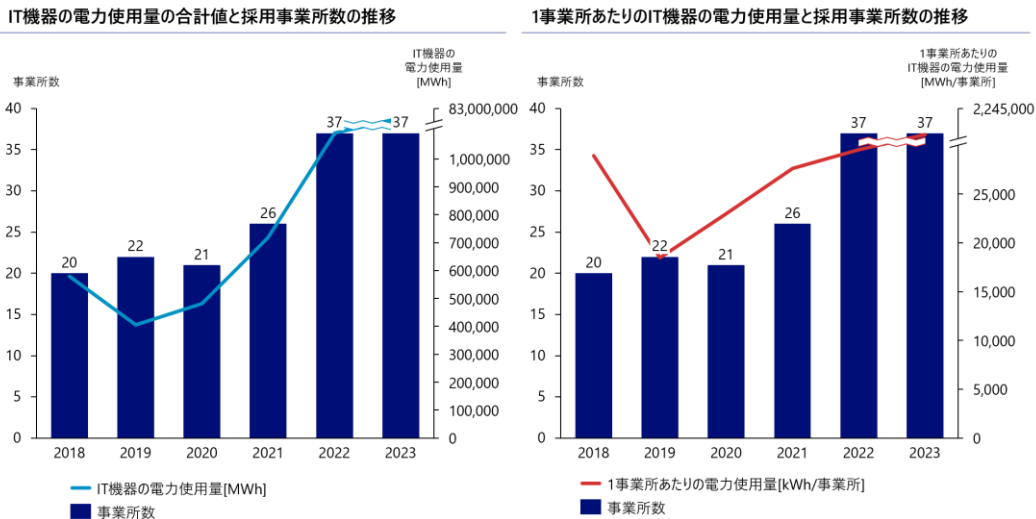
生産数量名	単位	2018	2019	2020	2021	2022	2023
IT機器の消費電力	kw	0	0	0	0	0	0
IT機器のエネルギー使用量 (原油換算)	kl	11	9	10	8	12	12
IT機器の電力使用量	MWh	20	22	21	26	37	37
CPUの電力使用量	MWh	5	5	5	5	5	5
UPSのエネルギー使用量 (原油換算)	kl	0	0	0	0	0	0
UPSの電力使用量	MWh	5	5	5	5	0	0
インバータの電力使用量	MWh	1	1	1	1	1	1
通信設備のエネルギー使用量 (原油換算)	kl	0	0	0	0	0	0
通信設備の電力使用量	MWh	6	6	18	19	19	18
サーバーラック台数	台	10	8	8	12	11	9
稼働サーバーラック台数	台	14	11	11	4	2	2
延床面積	㎡	16	16	14	14	16	14
稼働面積	㎡	2	2	3	2	2	2
その他床面積	㎡	0	0	0	0	0	0
空調床面積	㎡	0	0	0	0	0	0
延床面積×稼働日数	㎡・日	1	1	1	1	1	1
延床面積×在籍人数	㎡・百万人	0	0	0	0	0	0
DC以外の延床面積×IT機器の電力使用量	㎡・MWh	1	1	0	0	0	0
空調実施体積	㎡	0	0	0	0	0	0
トラフィック量	Mbps	0	0	0	0	2	0
サーバー台数	台	0	0	0	0	0	0
回線数	回線	1	1	2	2	0	0
放送時間	時間	0	0	0	0	0	0
契約数	契約	0	0	0	0	0	0
加入者数	人	14	11	0	0	0	0
売上高	百万円	10	10	11	10	9	7
固定資産	百万円	0	0	0	0	0	0
営業収益	百万円	0	0	0	0	0	0
従業員数	人	0	0	0	0	0	0
走行キロ	km	0	0	0	0	0	0
その他	その他	7	8	8	7	8	9
不明	不明	0	0	0	0	0	0

(出所)2019～2024 年度提出(2018～2023 年実績)の省エネ法定期報告 指定表データより NRI 作成

生産数量に用いられる上位2つ(IT機器の電力使用量、延床面積)について、生産数量の経年の変化を見るにあたり、生産数量の合計と1事業所当たりの値を集計した。

IT機器の電力使用量について、採用事業所数・IT機器の電力使用量ともに増加傾向にあるが、2023年度では一事業所が異常値と考えられるIT機器の電力使用量を回答していたため合計値・1事業所あたりの電力使用量が大きく伸びる結果となった。異常値を除いた場合の合計値は1,172,570MWhで、1事業所あたりのIT機器の電力使用量は31,691MWh/事業所となる。

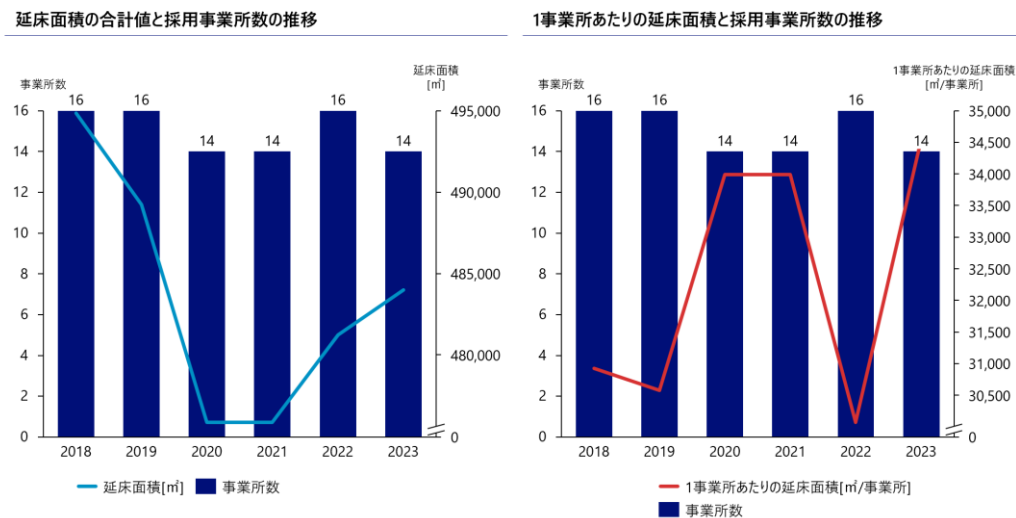
図表 2-26 IT機器の電力使用量の合計と1事業所あたりの値



(出所)2019~2024 年度提出(2018~2023 年実績)の省エネ法定期報告 指定表データより NRI 作成

延床面積は採用事業所数・延床面積ともに上下に振れているものの、2021年度以降は上昇傾向にあり、2018年度と比較して2023年度の1事業所あたりの延床面積は12%増となっている。

図表 2-27 延床面積の合計と1事業所あたりの値



(出所)2019~2024 年度提出(2018~2023 年実績)の省エネ法定期報告 指定表データより NRI 作成

2.2.1.2 IT 機器のベンチマーク指標に関する調査

1) 検討の背景

データセンター業は令和 4 年度よりベンチマーク制度の対象化となった。また、これまでデータセンターにおけるテナント事業者は、省エネ法定期報告において、テナント事業者自身がデータセンターで使用するエネルギー使用量を報告する必要は無かったが、令和 4 年度よりデータセンターにおけるテナント事業者は、テナント専有部で使用するエネルギー使用量について報告するよう、エネルギー使用量の算入範囲が変更された。データセンター業のベンチマーク指標は建物・付帯設備を対象に事業者 PUE(PUE : Power Usage Effectiveness)が採用されており、目指すべき水準は 1.4 以下である。

他方、IT 機器(サーバ、ストレージ等)を対象としたベンチマーク指標については継続して検討することとなっている。令和 4 年度の検討ではエネルギー消費性能指標等について、海外の政策動向や各種文献等の調査を行った。令和 5 年度では、業界団体やデータセンター事業者との意見交換を踏まえて、データセンター業ベンチマーク制度の見直しと拡充に向けた課題抽出等の検討を行った。本年度は過年度に引き続き IT 機器に係るベンチマーク指標の適用可能性を探った。

2) SPEC のベンチマーク指標に関する調査

SPEC(Standard Performance Evaluation Corporation)は、IT 機器の性能評価を行うためのベンチマークを提供する非営利組織で、コンピュータシステムの性能を公平かつ正確に評価するための標準化されたベンチマークを開発し、提供している。

図表 2-28 SPEC が提供するベンチマーカー一覧(2024 年 8 月時点)

コンピュータ種別	名称	値段 (新規顧客)
クラウド	• SPEC Cloud ® IaaS 2018	• 2,000ドル
CPUサーバ	• SPEC CPU ® 2017	• 1,000ドル
グラフィックスとワークステーション	<ul style="list-style-type: none"> • SPECviewperf 2020 benchmark • SPECworkstation 3.1 benchmark • SPECcapc® for 3ds Max 2020 benchmark • SPECcapc® for PTC Creo 9 benchmark • SPECcapc® for Solidworks 2024 benchmark • SPECcapc® for Solidworks 2022 benchmark • SPECcapc® for Maya 2024 benchmark 	• 全て2,500ドル
高性能コンピューティング (OpenMP, MPI, OpenACC, OpenCL)	<ul style="list-style-type: none"> • SPECaccel® 2023 • SPEC ACCEL® • SPECchpc™ 2021 • SPEC MPI® 2007 • SPEC OMP® 2012 	<ul style="list-style-type: none"> • SPECaccel® 2023 : 2,200ドル • SPEC ACCEL® : 2,200ドル • SPECchpc™ 2021 : 2,750ドル • SPEC MPI® 2007 : 2,000ドル • SPEC OMP® 2012 : 2,000ドル
Javaクライアント/サーバ	<ul style="list-style-type: none"> • SPECjbb® 2015 • SPECjEnterprise® 2018 Web Profile • SPECjEnterprise® 2010 • SPECjvm® 2008 	<ul style="list-style-type: none"> • SPECjbb® 2015 : 1,500ドル • SPECjEnterprise® 2018 Web Profile : 1,500ドル • SPECjEnterprise® 2010 : 2,000ドル • SPECjvm® 2008 : 無料
ストレージ	• SPECstorage® Solution 2020	• 2,000ドル
パワー	• SPECpower_ssj® 2008	• 1,600ドル
ビジュアライゼーション	<ul style="list-style-type: none"> • SPECvirt® Datacenter 2021 • SPEC VIRT_SC® 2013 	<ul style="list-style-type: none"> • SPECvirt® Datacenter 2021 : 2,500ドル • SPEC VIRT_SC® 2013 : 3,000ドル

(出所)SPEC “Benchmarks and Tools”より NRI 作成¹⁸

¹⁸ SPEC “Benchmarks and Tools”

<https://www.spec.org/products/>

CPU サーバのベンチマークである SPEC CPU®2017 は 4 つのスイート (最終的なスコア 1 つを生成するためにグループとして実行されるベンチマークのセット) で構成されており (図表 2-29)、このうち SPECrate®2017 Integer と SPECrate®2017 Floating Point は、時間単位当たりの作業量を測定し、基準に対して何倍速く処理できるかをスコアとして示す (図表 2-30)。

図表 2-29 SPEC CPU® 2017 の各スイートの概要

スイート名称	ベンチマークテスト	スコア*	概要
SPECspeed®2017 Integer	10個の整数演算処理テスト	SPECspeed®2017_int_base SPECspeed®2017_int_peak SPECspeed®2017_int_energy_base SPECspeed®2017_int_energy_peak	一度に1つのタスクを実行するのに必要な時間を測定 (※スコアが高いほど、ハイパフォーマンス)
SPECspeed®2017 Floating Point	10個の不動小数点演算処理テスト	SPECspeed®2017_fp_base SPECspeed®2017_fp_peak SPECspeed®2017_fp_energy_base SPECspeed®2017_fp_energy_peak	
SPECrate®2017 Integer	10個の整数演算処理テスト	SPECrate®2017_int_base SPECrate®2017_int_peak SPECrate®2017_int_energy_base SPECrate®2017_int_energy_peak	時間単位当たりの作業量 (スループット) を測定 (※スコアが高いほど、ハイパフォーマンス)
SPECrate®2017 Floating Point	13個の浮動小数点演算処理テスト	SPECrate®2017_fp_base SPECrate®2017_fp_peak SPECrate®2017_fp_energy_base SPECrate®2017_fp_energy_peak	

(出所) SPEC “SPEC CPU®2017 Overview / What's New?” より NRI 作成¹⁹

図表 2-30 SPEC CPU® 2017 の SPECspeed と SPECrate の概要と計算方法

SPECspeed	SPECrate
スイート内の各ベンチマークのコピーが1つ実行	テスターは同時実行コピー数を選択
テスターは使用するOpenMP スレッドの数を選択することが可能	OpenMPは無効
各ベンチマークのパフォーマンス比率は次のように計算される 参照マシンでの時間 / テスト対象マシンでの時間	各ベンチマークのパフォーマンス比率は次のように計算される コピー数 * (参照マシンでの時間 / テスト対象マシンでの時間)
スコアが高いほど、必要な時間が短くなる	スコアが高いほど、単位時間あたりに行われる作業量が多くなる
例： ・参照マシンは 600.perlbench_s を1775秒で実行 ・テスト対象マシンでは、約1/5の時間で実行 ⇒ 1775/354.329738 = 5.009458 (スコア)	例： ・参照マシンは 500.perlbench_r のコピー 1 つを 1592 秒で実行 ・テスト対象マシンは、約1/3の時間で8つのコピーを実行 ⇒ 8*(1592/541.52471) = 23.518776 (スコア)
※SPECspeed と SPECrate の両方において、結果が再現可能であることを保証するために、プロセス全体が繰り返される。なお、テスターは以下から選択可能。 a.ベンチマーク スイートを3回実行し、ツールは中央値を選択 b.2回実行し、ツールは低い(より遅い)比率を選択 ※SPECspeed と SPECrate の両方において、選択された比率は幾何平均を使用して平均化され、全体的なメトリックとして報告される	

(出所) SPEC “SPEC CPU®2017 Overview / What's New?” より NRI 作成²⁰

¹⁹ SPEC “ SPEC CPU®2017 Overview / What's New?”

<https://www.spec.org/cpu2017/Docs/overview.html>

²⁰ 同上

SPEC CPU®2017 ではサーバの稼働による情報処理量を見積もることはできないものの、例えばどれだけハイパフォーマンスサーバが導入されているかという割合を算出することで、各データセンターにおける情報処理の効率度を比較することが可能になるのではないかと考えられる。一般的に、新しいプロセッサやメモリ技術はより少ない電力でより多くの処理を行えるように設計されていることから、どれだけハイパフォーマンスサーバが導入されているかという指標は、間接的に省エネ努力を表すと言えると思料する。

なお、SPEC 社が保有するベンチマークツールを用いてサーバの性能を示した結果は、SPEC 社の HP 上(https://www.spec.org/results_search.html)で公表されている。2023 年 8 月時点で 293 社、103,526 レコードが登録されており、仮に日本のデータセンターの多くのサーバがカバーされているのであれば、公開情報をベースに性能指標を算出できる可能性がある。

公開情報の一例として「Hitachi」で検索した結果を図表 2-31 で、さらに詳細の日立ヴァンタラ株式会社が保有する Advanced Server DS220(Intel Xeon Gold 6258R,2.70GHz)の SPEC CPU® 2017 Floating Point Rate Result を図表 2-32 で示す。

図表 2-31 ベンチマーク結果の公表

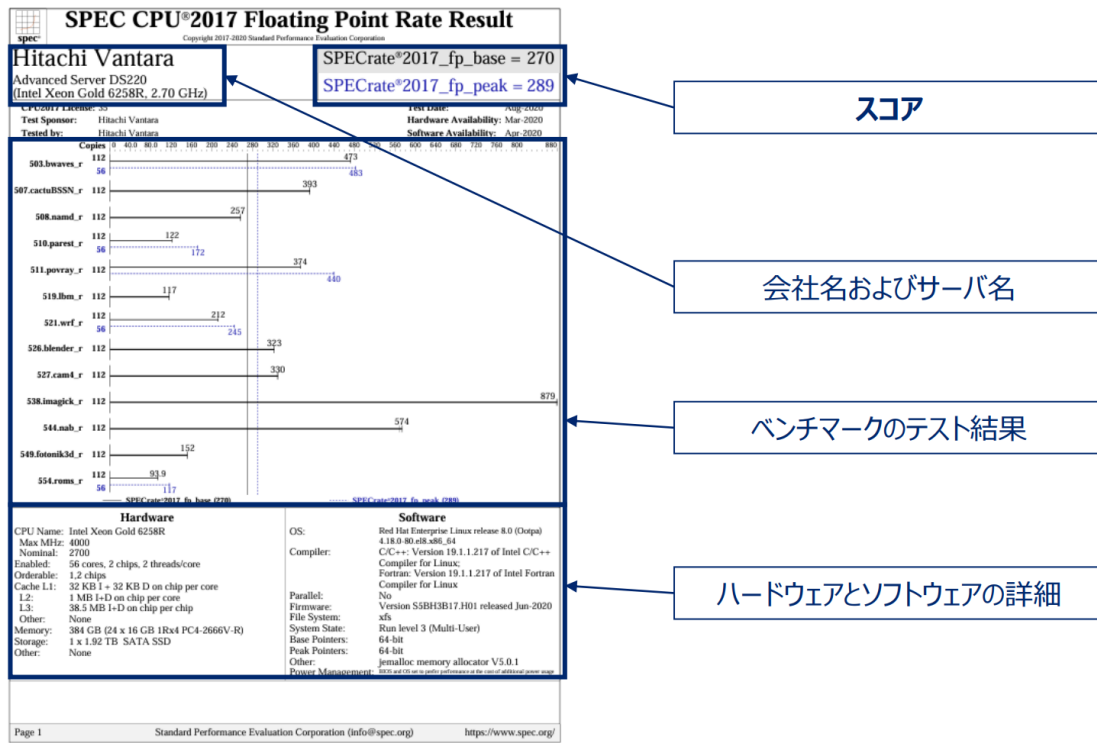
The screenshot shows the SPEC/OSG Result Search Engine interface. At the top, there is a search bar with 'All SPEC/OSG Results' selected. Below the search bar, there are filters for 'Request', 'Display', 'Criteria', 'Ordering', and 'Published'. The 'Criteria' filter is set to 'Company matches 'Hitachi''. The search results section shows 'Results (Download as CSV)' with a link to download the results as a CSV file. A table of results is displayed, showing performance metrics for Hitachi Vantara's Advanced Server DS220. The table includes columns for Company, System, Result, # cores, # chips, # cores per chip, Published, and Disclosure. The results are grouped by benchmark type: SPEC CPU® 2017 Integer Speed, SPEC CPU® 2017 Floating Point Speed, and SPEC CPU® 2017 Integer Rates.

Company	System	Result	# cores	# chips	# cores per chip	Published	Disclosure
Hitachi Vantara	Advanced Server DS220 (Intel Xeon Gold 6258R, 2.70 GHz)	11.8	56	2	0	Sep-2020	HTML CSV PDF PS Text Config
SPEC CPU® 2017 Floating Point Speed							
Company	System	Result	# cores	# chips	# cores per chip	Published	Disclosure
Hitachi Vantara	Advanced Server DS220 (Intel Xeon Gold 6258R, 2.70 GHz)	145	56	2	0	Sep-2020	HTML CSV PDF PS Text Config
SPEC CPU® 2017 Integer Rates							
Company	System	Result	# cores	# chips	# cores per chip	Published	Disclosure
Hitachi Vantara	Advanced Server DS220 (Intel Xeon Gold 6258R, 2.70 GHz)	353	56	2	0	Sep-2020	HTML CSV PDF PS Text Config

(出所)SPEC “SPEC CPU2017 Results”より NRI 作成²¹

²¹ SPEC “SPEC CPU2017 Results”
<https://www.spec.org/cpu2017/results/>

図表 2-32 パフォーマンス結果の詳細



(出所)SPEC “SPEC CPU2017 Results” より NRI 作成²²

²² SPEC “SPEC CPU2017 Results”

<https://www.spec.org/cpu2017/results/>

2.2.2 データセンター業の省エネに係る技術動向調査

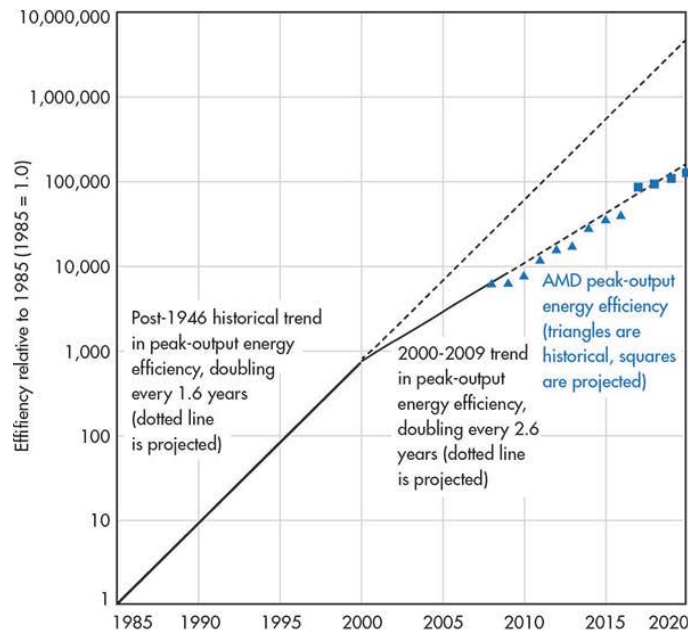
データセンター業では、IT 機器や冷却設備の技術革新によって大きな効率改善が見込まれている。他方で、現状どれほど効率改善が進んできたのか、今後どれほど改善可能なのかについて、技術動向に裏打ちされた情報が不足していた。そこで、データセンターの効率(PUE)に大きく係る IT 機器(CPU/GPU)と冷却設備に関する技術について、これまでの技術進化の状況と将来見込まれる技術革新を整理し、データセンター業の効率改善の余地についてより蓋然性の高い情報の収集を行った。

2.2.2.1 IT 機器 (CPU/GPU)

1) 技術進化過程

情報処理のエネルギー効率に関しては、Jonathan Koomey により、クーメイの法則(Koomey's law)が提唱されており、これによると、消費されるエネルギー 1 ジュールあたりの計算数は約 1.57 年ごとに倍になるとされている。2011 年の再調査によって、2000 年以降この法則が遅まっていることが示唆されたが、それでも 2000 年から 2009 年にかけて、約 2.6 年ごとに倍になるペースでエネルギー効率が向上していることが示唆された。

図表 2-33 計算機のエネルギー効率の推移



(出所)Electronic Design(2016) “Energy Efficiency of Computing: What’s Next?” より NRI 抜粋²³

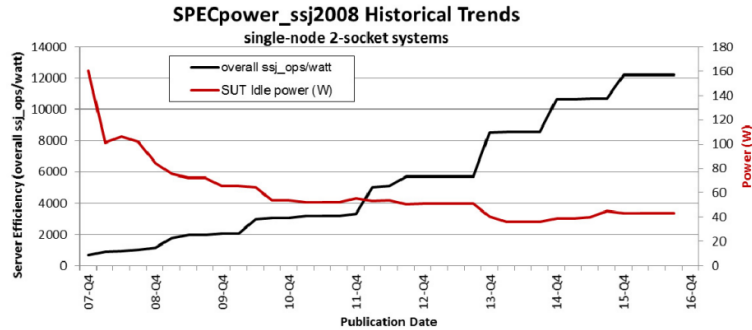
²³ Electronic Design (2016) “Energy Efficiency of Computing: What’s Next?”

<https://www.electronicdesign.com/technologies/embedded/digital->

[ics/processors/microprocessors/article/21802037/energy-efficiency-of-computing-whats-next](https://www.electronicdesign.com/technologies/embedded/digital-ics/processors/microprocessors/article/21802037/energy-efficiency-of-computing-whats-next)

また、SPEC によると、CPU の性能指標である SPECpower_ssj に関して、エネルギー消費量あたりの値が向上していることが示されている。

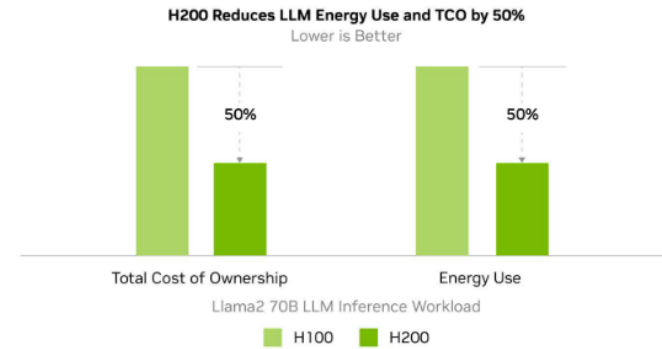
図表 2-34 SPECpower_ssj2008 におけるサーバ効率性の推移



(出所)SPEC “Trends in Server Efficiency and Power Usage in Data Centers”より NRI 抜粋²⁴

また、上記の調査に含まれていない GPU についてもエネルギー効率の向上が進んでいる。例えば、2024 年に GPU の大手メーカーである NVIDIA 社が発売した GPU である、H200 シリーズはメモリ等を改善することで、2023 年に発売された H100 と比較してエネルギー使用量が半分になったとされている。

図表 2-35 NVIDIA 社製 H200 シリーズと H100 シリーズの性能比較



Preliminary specifications. May be subject to change.
Llama2 70B: ISL 2K, OSL 128 | Throughput | H100 SXM 1x GPU BS 8 | H200 SXM 1x GPU BS 32

(出所) NVIDIA 社 “H200 Tensor Core GPU” データシートより NRI 抜粋²⁵

以上、CPU・GPU を問わず、計算機器のエネルギー効率は近年大幅に向上していることを示唆するデータの収集を行った。

²⁴ SPEC “Trends in Server Efficiency and Power Usage in Data Centers”

<https://www.spec.org/events/beijing2016/slides/015->

[Trends_in_Server_Efficiency_and_Power_Usage_in_Data_Centers%20-%20Sanjay%20Sharma.pdf](https://www.spec.org/events/beijing2016/slides/015-Trends_in_Server_Efficiency_and_Power_Usage_in_Data_Centers%20-%20Sanjay%20Sharma.pdf)

²⁵ NVIDIA 社 “H200 Tensor Core GPU”

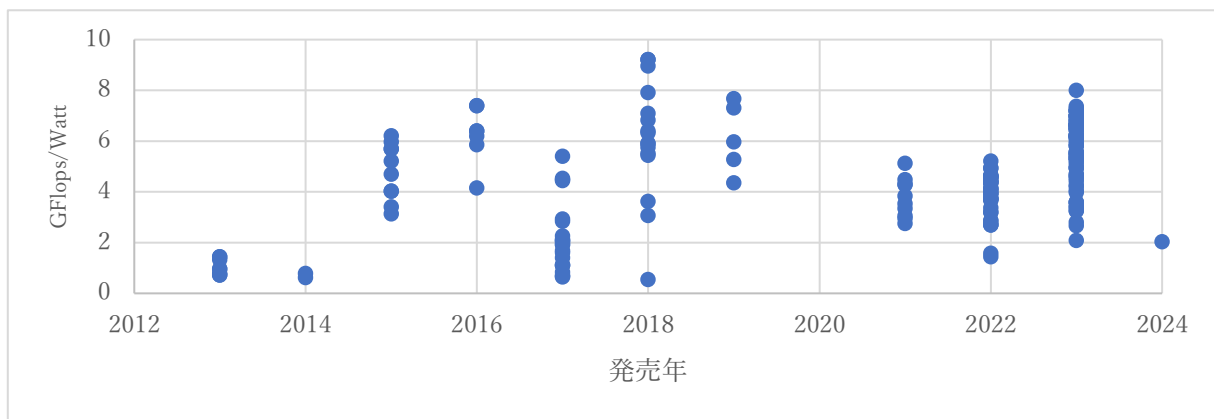
<https://resources.nvidia.com/en-us-gpu-resources/hpc-datasheet-sc23?lx>

2) 現状到達点

実際に、どの程度のエネルギー効率の CPU/GPU をどの程度の価格で入手可能かを調査するため、主要メーカー(CPU : Intel 社、GPU : NVIDIA 社)のデータセンター向け製品について、エネルギー効率及び発売価格について、公開情報ベースで収集を行った。

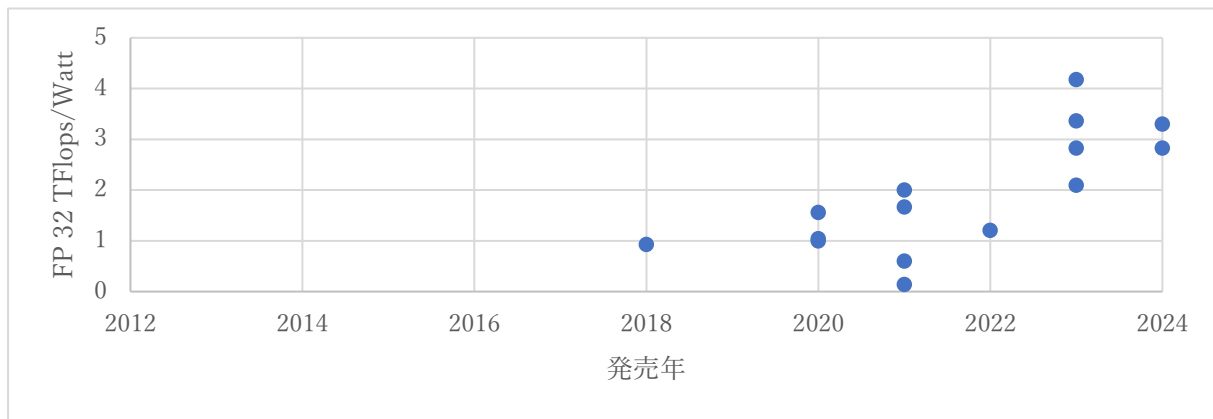
情報が取得できた CPU・GPU について、発売年ごとのエネルギー効率及び価格の推移について分析を行った。なお、CPU におけるエネルギー効率については「GFlops/Watt」、GPU におけるエネルギー効率については「FP32 TFlops/Watt」を用いた。

図表 2-36 CPU の発売年ごとのエネルギー使用量あたりの性能



(出所)各種公開情報より NRI 作成

図表 2-37 GPU の発売年ごとのエネルギー使用量あたりの性能

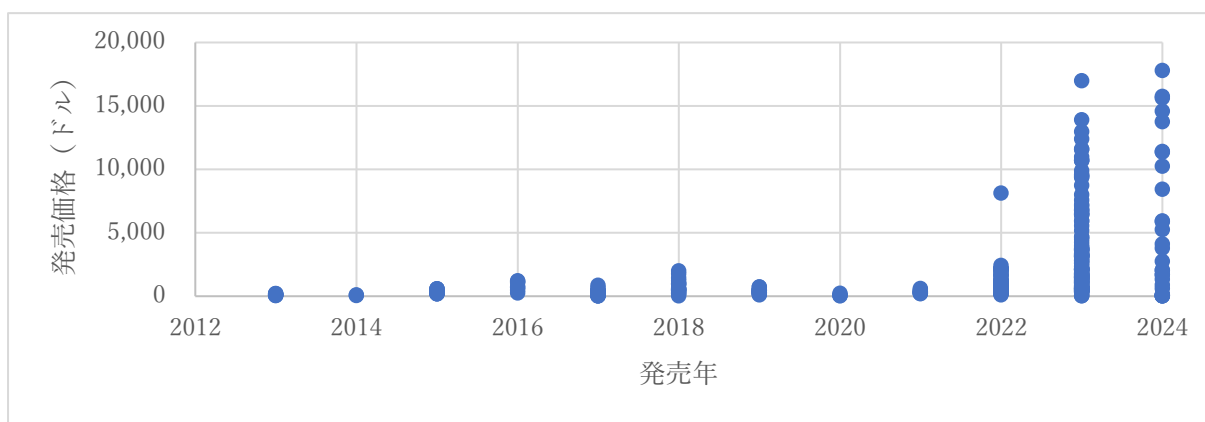


(出所)各種公開情報より NRI 作成

上図の通り、CPU については明確なエネルギー効率の向上傾向が見られなかったが、GPU に関してはエネルギー効率が向上していることが示唆された。

また、価格については、CPU・GPUともに、近年は発売価格が上昇していることが示唆された。

図表 2-38 CPU の発売年ごとの価格



(出所)各種公開情報より NRI 作成

図表 2-39 GPU の発売年ごとの価格



(出所)各種公開情報より NRI 作成

3) 今後の到達点

CPU・GPU のエネルギー効率については、今後も向上していくものと考えられる。そこで、今後のエネルギー効率改善に貢献しうる技術として、「集積化」「パッケージング技術」「光電融合」「AI 特化チップ」の4つに関して情報収集を行った。

① 集積化

従来の進化の延長線上の技術開発であり、ムーアの法則等に基づく小型化・集積化によってエネルギー効率を向上させる。ただし、近年は限界に達しつつあるとの見方もある。

② パッケージング技術

従来の半導体では、ミニダイ(チップレット)を中間基盤の上に横並びで配置(2D,2.5D パッケージング)を行っていたが、近年は垂直方向に配置する 3D パッケージング技術が注目されている。これにより、配線長が短縮され、信号伝達速度が向上し、消費電力の削減につながる。²⁶

③ 光電融合

電気配線を用いて実施している半導体内の情報伝送に、光配線を組み合わせることで、電力効率を高める技術。

④ AI 特化チップ

使用方法を限定し、目的に特化した製品とすることで効率的な処理を行う技術。

AI 処理に特化した専用の GPU チップや、Application Specific Integrated Circuit と呼ばれる特定用途向けの集積回路を開発する事業者もあり、多様化が進んでいる。^{27 28}

²⁶ Reinforz Insight 「次世代半導体パッケージング技術の最前線：高集積化と高速化の実現」を参考
<https://reinforz.co.jp/bizmedia/44767/>

²⁷ Gigazine 「NVIDIA の AI 特化 GPU は一体どんなものなのか？ゲーム用 GPU とは別物なのか？」を参考
<https://gigazine.net/news/20240307-nvidia-ai-gpu/>

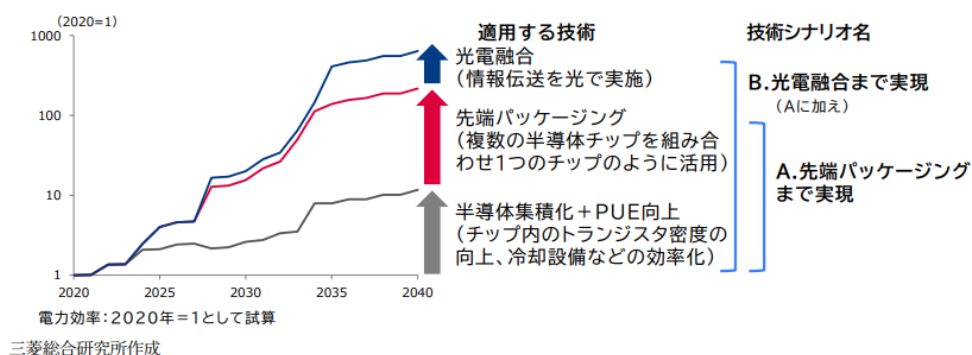
²⁸ IT Media 「IA 製 GPU の数十倍速い？ 次々に出てくる「AI 専用チップ」とは何者か 識者に聞く高速化の仕組み」を参考
<https://www.itmedia.co.jp/aipplus/articles/2407/30/news137.html>

これらの技術について、三菱総合研究所社の提言²⁹によると、下記の時期に省エネルギー効果が大きく反映されると予測されている。

- ① 半導体集積化：2020年以降徐々に向上するが大きな変化は2034年頃
- ② 先端パッケージング：2025年・2030年頃
- ③ 光電融合：2035年頃
- ④ AI特化チップ：2040年頃

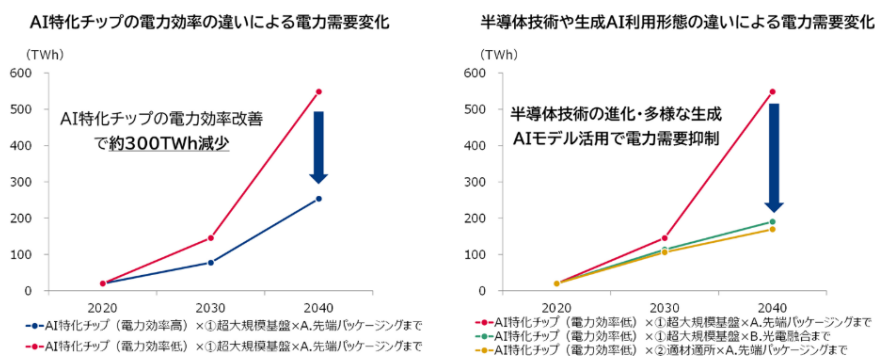
さらに、同社によると2040年までに半導体集積化・先端パッケージング・光電融合のみなら600倍、AI特化型チップも活用すると、最大約6万倍の電力効率の向上が期待できると試算されている。

図表 2-40 半導体技術の進展シナリオ想定とデータセンターの電力効率予測



(出所)【提言】生成AIの普及が与える日本の電力需要への影響 「適材適所」のAI活用と半導体技術開発の組み合わせで電力制約を克服 (三菱総合研究所)³⁰

図表 2-41 半導体技術の進展や生成AI利用形態がICTセクターの電力需要に与える影響



(出所)【提言】生成AIの普及が与える日本の電力需要への影響 「適材適所」のAI活用と半導体技術開発の組み合わせで電力制約を克服 (三菱総合研究所)³¹

²⁹ 三菱総合研究所(2024) 「生成AIの普及が与える日本の電力需要への影響 「適材適所」のAI活用と半導体技術開発の組み合わせで電力制約を克服」

https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/policy/20240828_1.html

³⁰ 同上

³¹ 同上

4) 国内事業者動向

今後、CPU・GPU市場は拡大していくと想定されるが、現状では国内事業者でシェアが大きい事業者は見当たらなかった。ただし、CPUについては、富士通社が次世代CPUの開発を行っている。

富士通社はスーパーコンピューター京・富岳のCPU開発で培った技術を元に、データセンター向けのCPU「MONAKA」の開発を行っている。「MONAKA」は、2027年度の投入を目指しており、開発目標として、「競合比2倍の電力効率でCO2排出削減・電力コストの削減」といった省エネ性能に関する項目も含めた目標が設定されている。³²

また、2024年11月1日には、AMD社との戦略的協業を開始し、2027年までにAI/HPC向けの革新的なコンピューティング基盤の共同開発を行うと発表した。両社は、「FUJITSU-MONAKA」をAMDの高性能な「AMD Instinct™ アクセラレータ」と組み合わせることで、大規模なAIワークロード処理を実現しデータセンターのTCO削減を促進する新たな選択肢の提供を目指している。^{33 34}

³² MOMOist 「富士通の次世代プロセッサ「MONAKA」は競合比2倍の電力効率、2027年度に投入」を参考
<https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2310/12/news074.html>

³³ 富士通株式会社(2024) 「富士通とAMD、AIのオープン化を加速するサステナブルなコンピューティング基盤の実現に向けて戦略的協業を開始」を参考
<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2024/11/1.html>

³⁴ 日本経済新聞(2024) 「富士通、AI半導体の市場開拓 AMDとソフトウェア基盤」を参考
<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUC249EA0U4A021C2000000/>

2.2.2.2 冷却設備

1) 技術進化過程

データセンターに導入されるサーバの冷却技術は下記の6つに大別され、ラック 1 台あたりの発熱量に応じて導入技術を選択する。

図表 2-42 データセンターにおける冷却技術

#	技術名称	冷却方式	ラック発熱量	冷却レベル
1	パッケージ空調	空冷	~6 kW/rack	部屋単位
2	Air Handling Unit (AHU)	空冷	4~20 kW/rack	部屋単位
3	In-Row 空調	空調+間接水冷ラック	20~40 kW/rack	ラック単位
4	リアドア式空調	空調+間接水冷ラック	20~55 kW/rack*	ラック単位
5	直接液冷方式	直接液冷+空調	20 kW/rack~	サーバー単位
6	液浸冷却(单相式/二相式)方式	直接液冷+空調	40 kW/rack ~	サーバー単位

*アクティブ型リアドア式空調の場合、最大 75kW/rack まで対応可能
(出所)各種公開情報より NRI 作成

それぞれの冷却技術の概要は以下の通り。

① パッケージ空調

パッケージ空調は、小型のヒートポンプユニットを個別に設置して空調を行う個別空調方式である。室内機と室外機で構成され、室内の熱を、冷媒を介して外へ放熱する。

冗長構成を組みやすく空調装置の逐次増設も容易である一方、高い発熱密度へ対応できない点やエネルギー効率は劣る。

図表 2-43 パッケージ空調の設備構成と特徴



(出所)JDCC 『データセンター サーバ室ガイドブック 2024 年度版』より NRI 作成

② Air Handling Unit (AHU)

AHU は、ターボ冷凍機やチラーなどの外部で作られた熱源を用い、空気の冷却、除湿、加熱を行う

装置である。パッケージ空調と同様に空冷技術であるが、中央熱源方式に用いられる点で異なる。スペース効率はパッケージ方式と比較して高く、高い発熱密度にも対応できる。

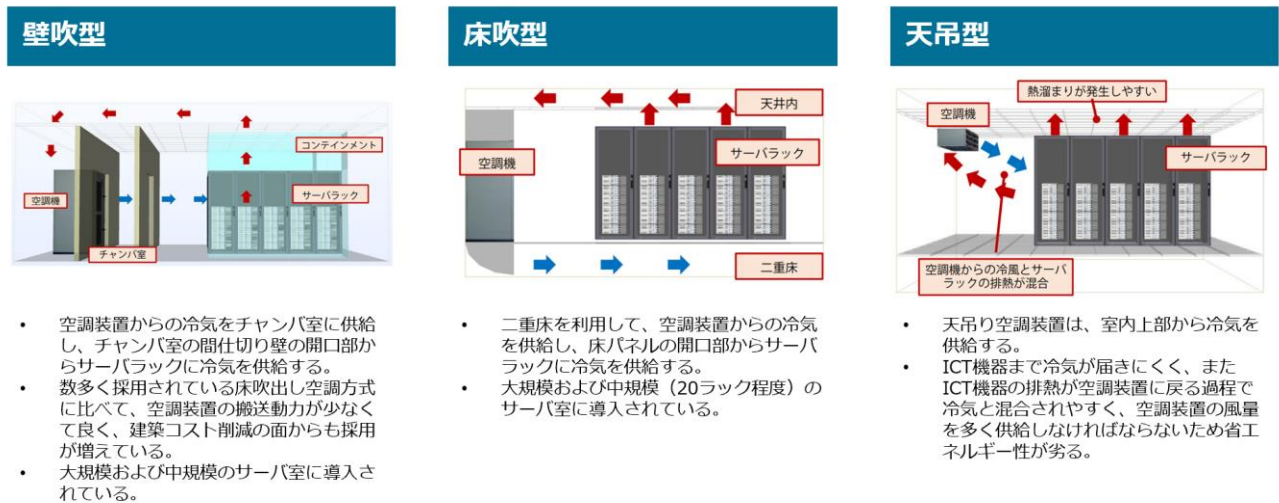
図表 2-44 AHU の設備構成と特徴



(出所)JDCC 『データセンター サーバ室ガイドブック 2024 年度版』より NRI 作成

データセンターでは壁吹き出し空調方式に用いられる「壁吹型」と、二重床空調方式に用いられる「床吹型」、天吊型空調方式に用いられる「天吊型」の3つに分類される。

図表 2-45 AHU の送風方式の違い

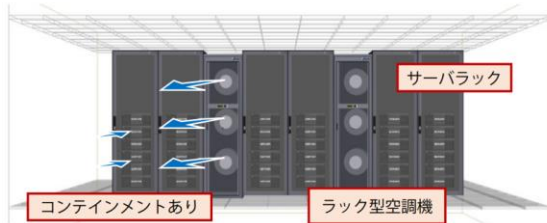


(出所)JDCC 『データセンター サーバ室ガイドブック 2024 年度版』より NRI 作成

③ In-Row 空調

In-Row 空調は、空調装置がサーバラックの架列に設置され、空調装置の前面から冷気を供給する。サーバからの排気は、空調装置の背面に戻る。サーバラック近傍に空調装置を設置するため、搬送動力が少なく済むため、省エネルギー性が高い。

図表 2-46 In-Row 空調の設備構成と特徴



長所	<ul style="list-style-type: none"> 空調装置の近傍で空調するため、搬送動力が少なく済む。
短所	<ul style="list-style-type: none"> コールドアイルに冷気を直接供給するため、効率性をより上げるためにコンテインメントは必要である。 機器は高顕熱型であるが、室内への外気取入れ等に対する外気条件によってドレン発生の可能性も考慮し、漏水対策を行う必要がある。

(出所)JDCC 『データセンター サーバ室ガイドブック 2024 年度版』より NRI 作成

④ リアドア式空調

リアドア式空調は、サーバラックの背面に熱交換器を取付け、ICT 装置からの高温排気を直接冷却する空調方式である。

高温排気を直接冷却するため、GPU サーバを導入したシステムなどのラックあたり 20~30kW になるような超高発熱のラック冷却に適している。

熱交換器で用いられる冷媒には、冷水式と冷媒式、冷媒相変化式など、幾つかのバリエーションがある。

図表 2-47 リアドア式空調の設備構成と特徴



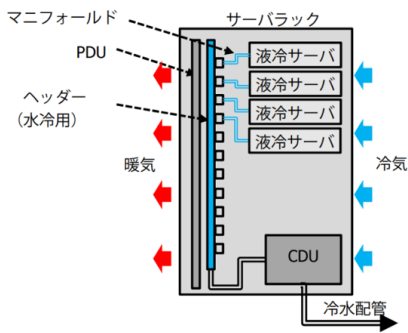
長所	<ul style="list-style-type: none"> 高密度の発熱に対応でき、ファンによるエアフロー搬送動力も大きく低減できるため省エネルギー性が高い。 高発熱ラックを集中設置することが可能。
短所	<ul style="list-style-type: none"> リアドアの設置により、ラックにかかる重量が増加するため、ラックの耐荷重および床荷重に留意する。 冷水を使用するシステムの場合は、万が一の漏水を考慮して、冷水配管は二重床下に配管することが好ましい。 サーバ室内のサーバラックの全てにリアドア空調を設置しない場合は、別途アンビエント空調の設置が必要になる場合がある。 システムによっては CDU と呼ばれる冷水や冷媒を分配するための装置を部屋内に別途設置する必要がある。

(出所)JDCC 『データセンター サーバ室ガイドブック 2024 年度版』より NRI 作成

⑤ 直接液冷方式

直接液冷方式はコールドプレート冷却方式、ダイレクトチップクーリング、水冷ヒートシンク、Direct Liquid Cooling(DLC)とも呼ばれ、CPU や GPU などの発熱媒体に対し、発熱体上に設置されたコールドプレート内に直接冷却液を供給することで冷却を行う。この冷却液で 60~80%程度を冷却し、水冷では取り除けない発熱分の残りの 20~40%程度はファンを利用した空気冷却を行う。

図表 2-48 直接液冷方式の設備構成と特徴



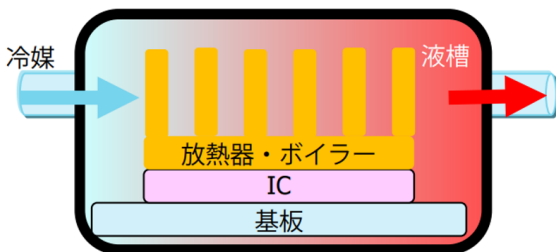
長所	<ul style="list-style-type: none"> 従来の空冷方式をはるかに上回る冷却効率。 液体冷却プレートは、ユニットから熱を取り除き、冷却剤がコンデンサーを通過する際に自然対流または追加の冷却ファンによって熱を放散する水冷冷却システムを使用しているため、従来の空冷に比べるとより静音である。 冷却モジュールの数やサイズに対する柔軟性がある。
短所	<ul style="list-style-type: none"> 設置とメンテナンスが比較的複雑で、追加のコストと操作が必要になる。 サーバラックには、冷媒を循環させるための配管（マニフォールド）が設備され、CDUと呼ばれる熱交換器に接続されるため、一般的なサーバラックに加え、マニフォールド、CDU並びに冷媒などの重量を考慮する必要がある。

(出所)JDCC 『データセンター サーバ室ガイドブック 2024 年度版』および KENFA TECH 社 HP³⁵より
NRI 作成

⑥ 液浸冷却方式

液浸冷却方式は ICT 機器を筐体ごと液体に浸け、冷却する方式である。使用する ICT 機器については、筐体および電源の冷却ファンなど可動部品は不要となるため機器の消費電力は抑えられ、故障率の低下を図ることができる。しかし、ICT 機器メーカーにより市販されている ICT 機器製品は少なく、専用ラック設備を利用することとなる。

図表 2-49 液浸冷却方式の設備構成と特徴



長所	<ul style="list-style-type: none"> 機器の消費電力は抑えられ、故障率の低下を図ることができる。 数十kW/rack から数百kW/rack の範囲を冷却することが可能。 相変化（潜熱）を利用する二相液浸冷却は沸騰冷却とも呼ばれ、空冷で使用されるヒートシンクに代わりボイラー（沸騰器）と呼ばれる部品を使用し、沸騰温度以上に液温は上昇しないために ICT 機器の信頼性向上、長寿命化などが期待されている。
短所	<ul style="list-style-type: none"> ICT機器メーカーにより市販されているICT機器製品は少なく、専用ラック設備を利用することとなる。 液槽、冷媒などに加え、配管の重量を考慮する必要がある。

(出所)JDCC 『データセンター サーバ室ガイドブック 2024 年度版』より NRI 作成

参考として、外気空調方式(フリークーリング)についても記載する。外気空調方式とは、冬期や中間期などの冷涼な外気条件を利用することで「熱源に必要なエネルギー」を節減する工夫を行った冷却

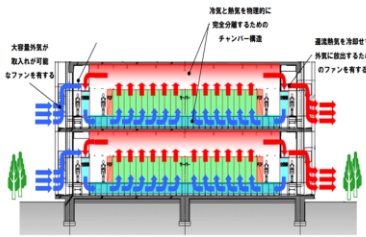
³⁵ KENFA TECH 「液体コールドプレート設計の長所と短所をどのように判断すればよいでしょうか？」
<https://ja.kenfatech.com/%E6%B6%B2%E4%BD%93%E3%82%B3%E3%83%BC%E3%83%AB%E3%83%89%E3%83%97%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%83%88%E8%A8%AD%E8%A8%88%E3%81%AE%E9%95%B7%E6%89%80%E3%81%A8%E7%9F%AD%E6%89%80%E3%82%92%E3%81%A9%E3%81%AE%E3%82%88%E3%81%86%E3%81%AB%E5%88%A4%E6%96%AD%E3%81%99%E3%82%8C%E3%81%B0%E3%82%88%E3%81%84%E3%81%A7%E3%81%97%E3%82%87%E3%81%86%E3%81%8B/>

技術の総称である。外気空調方式は、直接外気空調と間接外気空調とに大別され、ベース空調システムの方式によって、採用しうる方式が異なる。

図表 2-50 直接外気空調と間接外気空調の概要

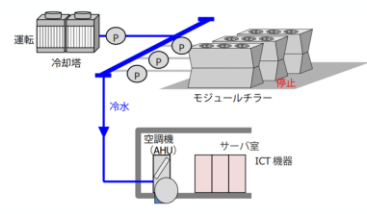
直接外気空調

- 室内に低温の外気を直接導入することで、冷房する空調方式。
- 外気を導入するための機器とベースとなる空調方式（空冷/水冷式）とで構成されている。
- サーバ室の温湿度条件の目標レンジが広く、かつ外気の空気質に懸念が無い場合には、非常に大きな省エネ効果を期待できる。



間接外気空調

- 外気を直接には導入せずに、外気の冷熱だけを活用して冷房を行う空調方式。
- 外気を直接に取り込む訳ではないため、外気の空気質を懸念する必要がなく、間接外気空調の実施に伴って追加的に発生する除加湿の負荷はない。
- 少なくとも国内においては、間接外気空調だけを通年で利用することは困難であるため、ベースとなる空調方式との組合せて構成する必要がある。



(出所)JDCC 『データセンター サーバ室ガイドブック 2024 年度版』より NRI 作成

2) 現状到達点

公開情報ベースで得られた冷却技術ごとの PUE の水準を図表 2-51 にて列挙する。

PUE の目安として、パッケージ空調や AHU の空冷方式では 2.0~1.6、In-Row やリアドア式等の水冷ラックでは 1.5~1.2、DLC や液浸等の液冷技術では 1.1 前後と考えられる。

図表 2-51 公開情報で得られた各技術の PUE の目安



(出所) 左図：Park Place Technologies 社“Power IT Infrastructures with Single Phase Immersion Cooling”より抜粋³⁶ 右図：STAR LAKE 社“Liquid Cooled Server”より NRI 抜粋³⁷

³⁶ PARK PLACE TECHNOLOGIES 社“Power IT Infrastructures with Single Phase Immersion Cooling”

<https://www.parkplacetechnologies.com/data-center-liquid-cooling/immersion-cooling/>

³⁷ STAR LAKE 社“Liquid Cooled Server”

<https://7starlake.com/SOLUTIONS/LIQUID%20COOLED%20SERVER/Liquid-Cooled-Server>

前述の各冷却技術を導入した際に得られる PUE の目安値の調査の他、本年度は建設年代ごとのデータセンターの PUE の目安に関する定性情報、データセンターで導入される冷却技術、現状 PUE がベンチマーク指標の目指すべき水準である 1.4 より大きいデータセンターにおいて一般的な修繕コストにおける PUE の改善幅、老朽化したデータセンターの対応方法等を把握するために、データセンターの設計会社や建築・改修を行うゼネコン等の事業者 2 社に対してヒアリングを行った。ヒアリングで得られた示唆は次の通りである。

- **建設年代ごとのデータセンターの PUE の目安**

- 2000 年以前に建てられたデータセンターでは PUE が 1.6~1.8、2000~2010 年頃に建てられたデータセンターでは PUE が 1.5 ほどになるのではないかと。実際の運用の際にはこれらの値より悪くなる。(事業者 A)
- 2000 年代前後には PUE という概念がなかったが、PUE は 1.8~2.0 前後に相当するだろう。2000~2015 年は PUE1.5~1.8 前後、それ以降は 1.3~1.6 程度になるのではないかと。(事業者 B)

- **データセンターで導入される冷却技術**

- 昨今のクラウド向けハイパースケールでは冷水利用 AHU、ターボチラーなどの空調方式を用いていることが多い。一部のサーバールーム以外の電力室等でのみパッケージエアコンが使用されている認識である。(事業者 A)
- 近年一ラックあたりの発熱量が増えているため、空調も効率のよい水冷や液浸などが用いられている。一般的なハウジング用途のデータセンターなどではパッケージエアコンが使われることが多い。(事業者 A)
- 年代に応じて空調がパッケージエアコン主体から熱源・空調機・外気冷房など冷却方式が変わり、床の耐荷重もラック密度の増加に伴い上昇した。階高は 2015 年以降に 4.5m~から 5.0m~となった。(事業者 B)
- 液浸・水冷は 2024 年現在でも普及率は低いと考えている。新設のデータセンターでは高効率機器の採用、アイルキャッピング、外気冷房、最適化制御、照明負荷低減など一般的なメニューは所有している。既存データセンターの改修においては、上記の中からデータセンターの稼働を継続しつつ実施できるメニューを提案しているが、実態としては高効率機器の導入がほとんどである。(事業者 B)

- **PUE の改善余地**

- 空冷パッケージエアコンを使用しているデータセンターに水冷、リアドア、液冷を導入することは不可能ではないが、階高や耐荷重、水配管の設置等のクリアすべき点は多い。また、電源密度が上昇し建物全体のエネルギー使用量も増加するため、電源容量の制限もある。(事業者 A)
- 空冷パッケージを使用している事業者が改修する際は、高効率の空冷パッケージを導入することが多いが、空冷パッケージエアコンは多数設置されているため、1 台のみの更新であれば施設全体の PUE は大きく変わらない。施設全体の空調をすべて一度に交換するのではなく、顧客が使用している部屋や、大きい空調設備のついた部屋など、優先度をつけた上で順番に交換しているケースが多い。(事業者 A)

▶ パッケージエアコンを使用しているデータセンターにおいて、当該設備を高効率のものに更新したとしても、PUE の改善幅は数%と限定的である。熱源+空調機+外気冷房を導入するためには機械室の設置や受変電設備等の改修が必要であり、これらを行うには建て替えレベルの大幅な工事が必要となる。他方、費用と時間をかけて最新のパッケージエアコンを導入し、UPS の高効率化、受変電設備の効率化を行った場合であっても PUE1.4 の達成は難しいため、その意味でも大幅な改修が行われるケースはほとんどない。(事業者 B)

● **PUE の改善に関する課題**

▶ テナントが入居している場合は、大胆な改修は難しい。(事業者 A)

▶ データセンターを稼働させながら改修を行うことは高リスクである。改修のためにユーザーを退去させた場合、そのまま他社のデータセンターに入居するケースが多いため、その意味でも大幅な改修が行われにくいという実態がある。(事業者 B)

● **老朽化したデータセンターへの対応**

▶ 古い施設を保有している場合、費用をかけて抜本的に作り変える事例はあまり無く、設備のマイナーチェンジをして、延命していくことが多い。その場合、設計 PUE を下回る実績の PUE を得づらい。(事業者 A)

▶ 古い施設では、大きな改修をすることで PUE1.4 を下回することは理論上可能ではあるが、建て替えが選択されることの方が多いのではないかと。(事業者 A)

▶ 古いデータセンターは改修されることは稀で、建て壊して新設することが多いと考えている。新築は高効率なものが求められるが、既存については改修が難しいこともあり、非化石証書等の使用等が検討されることが多い。(事業者 B)

3) 今後の技術進展

IoT センサー類を用いてサーバ室の温度環境データを収集、クラウド環境へ送信し、AI を用いてそのデータを蓄積・学習。最適な空調の自動制御や、利用状況の見える化等により、省エネを実現する AI を用いた空調制御技術が登場している。現在様々な設備メーカー等が商品を開発・発売しており、一例を図表 2-52 に示す。

図表 2-52 AI を用いた空調制御の商品事例

メーカー名	商品名	商品概要
株式会社TOKAIコミュニケーションズ	Smart Facility Manager	<ul style="list-style-type: none">AIとIoT温度センサーを用いた空調の自動制御により、データセンターやサーバールームにおける電力使用量の削減や運用業務の負担軽減を実現するサービス。
アイリスオーヤマ株式会社	エナジーセーバー	<ul style="list-style-type: none">2つの高性能温度センサーで室温を保ちながら空調の運転を最適化できるため、低温管理が必要なデータセンターでも活用されている。最大40%の省エネが期待できる。
株式会社NTTファシリティーズ	Smart DASH	<ul style="list-style-type: none">AIエンジンを活用し、空調管理の見える化、電力の無駄の最小化を実現するサービス。最大30%の消費電力の削減が期待できる。
清水建設株式会社・三谷産業株式会社	SMTクラウド	<ul style="list-style-type: none">サーバールームの温度環境をリアルタイムで省エネ制御するサービス。

(出所)ASPIC 『AI と IoT の空調制御でデータセンターの省エネを自動化！』より NRI 作成³⁸

³⁸ ASPIC 『AI と IoT の空調制御でデータセンターの省エネを自動化！』

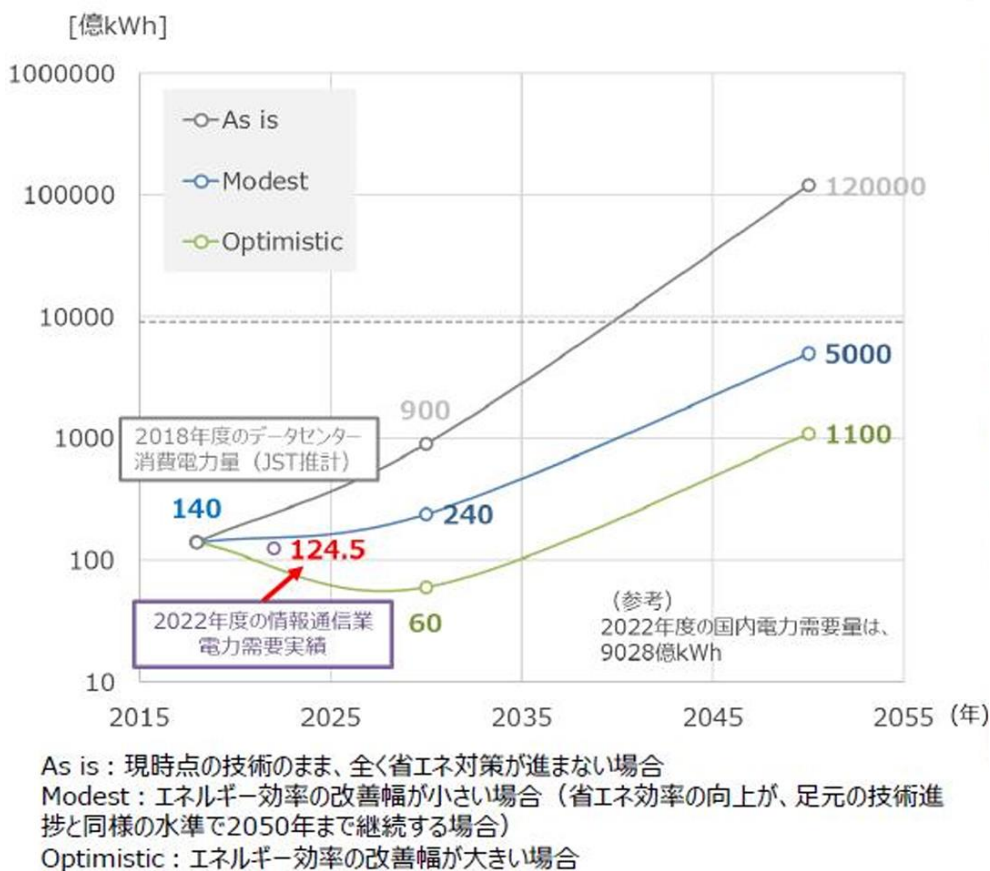
<https://www.aspicjapan.org/asu/article/2313>

2.2.3 データセンター業の効率化に係る新たな取組

2.2.3.1 検討の背景

DXの進展やAIの普及の中、データセンターの電力需要が増加傾向にあり、世界的な課題となっている。国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)は、2050年のデータセンターの消費電力推計として現時点の技術のまま進展が無い場合は120,000億kWh、エネルギー効率の改善幅が小さい場合は5,000億kWh、エネルギー効率の改善幅が大きい場合は1,100億kWhとしており、省エネの度合によって大きな幅があることを示している。

図表 2-53 国内データセンターの消費電力見通し



(出所)経済産業省資源エネルギー庁(2025)「第47回省エネルギー小委員会(令和7年1月10日)」より抜粋(なお、本図表の抜粋元は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(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)」である)³⁹

従って、今後は電源確保と併せて、データセンターの効率改善を促すべく、技術開発や制度面での対応も同時に進めることが必要となっている。2025年2月18日に閣議決定された「GX2040ビジョン 脱炭素成長型経済構造移行推進戦略 改訂」(図表 2-54)や「第7次エネルギー基本計画」(図表 2-55)においても、データセンターの効率化支援について方針を定めている。

³⁹ 経済産業省資源エネルギー庁(2025)「第47回省エネルギー小委員会(令和7年1月10日)」
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/pdf/047_00_04.pdf

図表 2-54 「GX2040 ビジョン 脱炭素成長型経済構造移行推進戦略 改訂」における
データセンターに関する記載

● 3. GX 産業立地 (1)脱炭素電源等の活用を見据えた産業集積の加速

2) 産業構造の高度化に不可欠な AI と DC の立地の考え方

② DC 整備を加速するための政策的支援の在り方

既に AI 用途向けなど DC の立地のニーズは高まっており、こうしたニーズに迅速に対応するため、まずは通信局舎、電力インフラ、工場跡地といった既存の設備が活用可能な場所での整備を進める。具体的には、将来の脱炭素火力化を念頭に置いた火力発電所に隣接した DC 整備等に関し、系統設備の負担の考え方や、供給力確保、託送料金の公平性等にも配慮しつつ必要な対応の検討を進める。その上で、電力インフラの効率的な整備の観点から、将来的に脱炭素電源を含む電力インフラが立地する見込みがある場所の近傍への DC の立地誘導を検討する。その際、国際海底ケーブルを含む通信インフラについても、整合性をもった整備が必要であり、そのための官民の連携・協調を推進するなど、必要な政策的支援を検討する。

なお、立地誘導を進めていく上で、GX 経済移行債を活用した支援策を講ずる上では、これまでの投資促進策における基本原則や分野別投資戦略における執行原則に加えて、ア)最新のファシリティを取り入れるなど DC 側に徹底したエネルギー効率改善の計画があること、イ)将来の脱炭素電源確保等の計画があること、ウ)日本の計算資源分野の競争力強化や国内の投資拡大に資するものであること、エ)利用者の競争力向上と日本の CO2 の排出削減の双方に貢献する AI 技術の活用等に資するものであること、オ)既存の設備が活用可能な場所での整備や容量としての脱炭素電源が豊富かつ系統運用に余裕があり、変電所等の送配電設備の近接地点に設置される等、電力インフラの効率的な活用に資するものであることを踏まえて、具体策の検討を進める。

(出所)経済産業省(2025)「GX2040 ビジョン～脱炭素成長型経済構造以降推進戦略 改定～」より NRI 作成⁴⁰

図表 2-55 「第 7 次エネルギー基本計画」におけるデータセンターに関する記載

● III. 第 6 次エネルギー基本計画以降の状況変化

3. DX や GX などの進展に伴う電力需要増加の可能性

…こうした将来の電力需要増加への対応には、最先端半導体や光電融合技術などの最先端の情報処理技術や、それを支える液体冷却技術などを用いる最先端の付帯設備を活用することにより、データセンターのエネルギー効率の改善に向けた取組を強化することが重要であり、既にデータセンターごとのエネルギー使用量や効率の実績の情報公開や規制を導入している国も存在する。

今後、高炉から電炉への転換などの GX の進展に伴う電化や、生成 AI の普及拡大に伴うデータセンターや半導体工場などの増加により、大幅な効率改善を見込んだとしても、将来の電力需要については増加する可能性が高いと考えられる。現時点において、将来の電力需要を精緻に予想することは困難であるが、将来の電力需要増加の可能性がある程度見込まれる以上、そうした場合におい

⁴⁰ 経済産業省(2025)「GX2040 ビジョン～脱炭素成長型経済構造以降推進戦略 改定～」

<https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250218004/20250218004-1.pdf>

ても必要となる脱炭素電源の供給が確保されるように万全の備えを行うことが重要となる。

特に、将来の電力需要の増加に対しては、脱炭素電源を拡大することで対応する必要があるところ、十分な脱炭素電源が確保できなかったが故に、国内においてデータセンターや半導体工場などの投資機会が失われ、我が国の経済成長や産業競争力強化の機会が失われることは、決してあってはならない。また、足下では、化石燃料輸入に伴う貿易赤字の悪化に加え、デジタル収支の悪化も拡大しており、我が国の国富を維持し、経済安全保障を確保するためにも、国内で必要なデータセンター等の投資が行われる必要がある。

● V. 2040年に向けた政策の方向性

2. 需要側の省エネルギー・非化石転換 (2)省エネルギー

…特に、足下では、DXやGXの進展による電力需要増加が見込まれており、再生可能エネルギーや原子力などの脱炭素電源の確保を進めると同時に、半導体の省エネルギー性能の向上や光電融合などの最先端の技術を活用することにより、エネルギー消費効率の改善を進めていく必要がある。データセンターについては、**技術開発の促進に加えて、事業者が満たすべき効率を設定した上でその取組を可視化するなど、諸外国の取組も踏まえつつ、支援策と一体で制度面での対応を行う。加えて、データセンターの効率改善をより適切に促すための評価指標の検討**も行っていく。

今後、更なる省エネルギーのためには非連続的な技術開発・取組強化も必要となるため、資源エネルギー庁と国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が策定する「省エネルギー・非化石エネルギー転換技術戦略」なども見直ししながら、NEDOプロジェクト等により、高効率機器・デジタル技術等のイノベーションを促進していく。さらに、我が国の温室効果ガス排出量の1～2割を占めるとされる中小企業においても、脱炭素を進めることが重要である。中小企業にとってGXの取組は、光熱費・燃料費の低減や自社製品のブランド力強化、取引先の拡充などのメリットも見込まれる。中小企業や家庭にとって、脱炭素の取組の「第一歩」は省エネルギーであることが多く、省エネルギーを契機とした脱炭素に向けた取組を進めていく必要がある。

なお、支援と規制を一体的に進めていくことが重要であり、省エネ法のトップランナー制度やベンチマーク制度等について、事業者の取組状況等も踏まえつつ、対象、指標等について継続して見直しを行いつつ、支援体制を充実させる。

● VI. カーボンニュートラル実現に向けたイノベーション

2. 各論 (7) 半導体・デジタル産業

…特に、クラウドとエッジ双方でのAI利活用が進むことで、現在半導体が組み込まれていない製品への導入や、既存製品での半導体個数や性能の向上が進むと予想される。その結果、半導体の性能向上が求められるとともに、増加が見込まれる電力需要の増加幅の低減を実現する、高付加価値な半導体の需要が増加すると考えられる。**電力需要増加に対しては、最先端半導体に加えて、光電融合技術などの最先端情報処理技術や、それを支える液体冷却技術などの最先端付帯設備の技術開発や設備投資により、データセンター等について大幅なエネルギー効率改善を実現**していく。

また、AIやデジタル技術を活用し、自動制御等により複数機器・工場全体・工場間での最適化を行うなど、非連続的なシステムとしての省エネルギー技術の開発を進める。


また、経済安全保障の観点からは、半導体サプライチェーンの強靱化が求められ、自国内で供給体制を構築するか、有志国・地域間での連携が引き続き必要となる。

(出所)経済産業省(2025)「第7次エネルギー基本計画」より NRI 作成⁴¹

参考として、海外におけるデータセンターの効率化に向けた取組を紹介する。日本において新築データセンターの建設に PUE の要件を定める場合は、その水準や、対象範囲、事業形態・地域区分・稼働率による補正要否、制度開始までの猶予期間が論点となり得る。

ドイツでは、2023年11月に Energieeffizienzgesetz(EnEfG：エネルギー効率法)を施行し、事業者に対して、エネルギー効率等に関する情報の公開と連邦政府への送付、データセンターのエネルギー効率に関する要件を設定している。

図表 2-56 ドイツのエネルギー効率法におけるデータセンターの効率化に関する定め

エネルギー効率法	
主な情報公開 項目の概要	<ul style="list-style-type: none"> DCの名称、所有者及び運営者の名称、所在する郵便番号 情報技術の定格接続電力及びDCの非冗長公称接続電力 総電力消費量、エネルギー効率(PUE)、再生可能エネルギーの割合 DCで保存及び処理されるデータ量 
DCのエネルギー 効率要件	<p>ドイツではEEDに基づく情報公開の義務化に加えて、DCのエネルギー効率に関する要件を設定。</p> <p>① 2026年7月1日よりも前に運用を開始する、又は開始したDCは、以下のように構築・運用すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> 2027年7月1日以降、PUEが1.5以下であること。 2030年7月1日以降、恒久的にPUEの年平均が1.3以下であること。 <p>② 2026年7月1日以降に運用を開始するDCは、以下のとおり構築・運用すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> PUEが年平均で1.2以下であること(試運転後2年以内に恒久的に達成すること)。

(出所)経済産業省資源エネルギー庁(2025)「第47回省エネルギー小委員会(令和7年1月10日)」より抜粋⁴²

また、欧州委員会では、2023年9月に Energy Efficiency Directive(EED：エネルギー効率化指令)を改正、委任法を2024年5月に施行した。EU加盟国に対し、自国内の500kW以上のデータセンター所有者及び運営者を対象に、データセンター毎のエネルギー消費量等の実績について、情報公開の義務化を求めている。

欧州委員会は、データセンター事業者のデータを収集し、EUレベルでデータベースを構築・公開するほか、提出された情報を評価し、適切な場合には、最低性能基準導入等の更なる措置を含む法案を2025年5月15日までに欧州議会及び理事会に提出することとしている。

⁴¹ 経済産業省(2025)「第7次エネルギー基本計画」

<https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250218001/20250218001-1.pdf>

⁴² 経済産業省資源エネルギー庁(2025)「第47回省エネルギー小委員会(令和7年1月10日)」

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/pdf/047_00_04.pdf

図表 2-57 ドイツのエネルギー効率法におけるデータセンターの効率化に関する定め

エネルギー効率化指令	
主な情報公開 項目の概要	<ul style="list-style-type: none"> DCの名称、所有者・運営者の名称、操業開始日、所在する自治体 DCの床面積、設置電力 年間送受信データトラフィック、DC内で保存・処理されるデータ量 エネルギー消費量、電力利用率（power utilisation）等に関する主要業績評価指標に従った業績
その他の 要請	<p>ITの電力需要が1MW以上のDCの所有者および運営者に対し、DCのエネルギー効率に関する欧州行動規範の最新版で言及されているベストプラクティスを考慮するよう奨励する。</p> <p>【ベストプラクティスの例】</p> <ul style="list-style-type: none"> IT機器のエネルギー効率の性能を機器の調達における最優先決定要因として設定する ハードウェアの利用率の低い既存サービスは、リソース統合を図り、利用率改善を行うべき



(出所)経済産業省資源エネルギー庁(2025)「第47回省エネルギー小委員会(令和7年1月10日)」より抜粋⁴³

係る背景から、一定規模以上のデータセンター事業者を対象に新たな取組(図表 2-58)を検討しているところ、取組の実施に際して、事業形態や建設年数等に応じた違いを適切に考慮した制度設計を行うために、データセンター業を営む事業者に対して「データセンター業の更なる効率化に向けた取組に関するアンケート」を行った。

図表 2-58 データセンター業の効率化に係る新たな取組(案)

<p>① 足元で利用可能な、効率化に資する技術の着実な実装</p> <p>導入すべき技術水準（満たさなければならないエネルギー効率）を明確化することで、技術の着実な実装を図るとともに、DCの社会受容性を高める。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>基準年以降に新設するDC（テナント型DCを含む）に関して稼働後、一定の期間が経過後に満たさなければならないエネルギー効率の基準（PUE値）を設定する。（以降、「新設DC規制」とする。）</u> ➤ 基準を満たさない場合には、合理化計画の作成指示等を行う。 <p>② 最先端技術の開発・社会実装の加速</p> <p>プレッジ&レビューの仕組みを導入し、目標や取組方針、実績の可視化を行うことにより、先進的な取組が社会から評価され、また、業界内でベストプラクティスとして広がっていくことで取組の高度化・底上げを図る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>DC業に関して、追加の中長期計画（目標・取組方針）・定期報告（実績）の提出を求める。（以降、「追加の報告・開示」とする。）</u> ➤ 追加の中長期計画及び定期報告の一部について、DC事業者自ら開示を求める。国は公表状況のフォローアップ（非開示事業者名の公表など）を行う。また、個社の特定ができない形で総計レベルの情報を国から公表する。

(出所)NRI作成

⁴³ 経済産業省資源エネルギー庁(2025)「第47回省エネルギー小委員会(令和7年1月10日)」

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/pdf/047_00_04.pdf

2.2.3.2 アンケート調査

データセンター業の更なる効率化に向けた取組に際して、事業形態や建設年数等に応じた違いを適切に考慮した制度設計を行うために、日本国内のデータセンター業を営む事業者を対象としたアンケート調査を実施した。アンケート調査の概要は下表のとおりである。

図表 2-59 アンケート調査の概要

目的	<ul style="list-style-type: none">● 本アンケートはデータセンター業の効率化に係る新たな制度検討に向けた基礎的な調査である。● 調査結果は、事業形態や建設年数等に応じた違いを適切に考慮した制度設計を行うために用いる。
調査対象	<ul style="list-style-type: none">● データセンター事業者及びその事業所（小規模自社利用（事務所内における電算室等）の事業所は除く）
調査日程	<ul style="list-style-type: none">● 調査票回収期間：1月中旬～2月下旬
調査方法	<ol style="list-style-type: none">1. アンケート調査票の作成<ul style="list-style-type: none">● 12月中に事務局（省エネ課/NRI）内でアンケート項目の検討。2. アンケートの発送<ul style="list-style-type: none">● JDCC会員企業：JDCC事務局より会員企業宛に趣意書と調査票を発送。● 省エネ法定期報告書を提出している事業者：エネルギー管理企画推進者経由で趣意書と調査票を発送。● その他：既にコンタクトを取っている事業者を中心に、個別に趣意書と調査票を発送。3. アンケートの回収<ul style="list-style-type: none">● データセンター事業者は、アンケート回答後、事務局（NRI）に提出いただいた。

(出所)NRI 作成

詳細な設問情報については、「3.2.1 データセンター業の効率化に係る新たな取組に関するアンケート調査票」を参照されたい。なお、改正省エネ法においてエネルギー使用の合理化とともに電気需要の最適化(デマンドレスポンス：DR)について求めているところ、アンケートではデータセンター業の効率化に係る新たな取組に係る項目の他、データセンターにおける DR の取組状況や実施可能性についても併せて聴取した。

本年度の委託事業の実施終了期間までアンケートの回収を行う都合上、アンケートの分析は次年度以降に行う予定である。

2.3 ベンチマーク制度の対象業種拡大に向けた検討

2.3.1 ネットワークセンター等のベンチマーク制度対象化に向けた検討

昨年度事業では、主にデータ通信を目的とした通信施設(中継局・中継交換局、加入者線収容局、交換局/データセンター、GC局、MEC、基地局を含み、以下「ネットワークセンター等」という。)等について、実態把握を行い、基地局以外の施設については比較的大規模な施設に限定した上でPUE(Power Usage Effectiveness)を指標とし、基地局についてはトラフィック量あたりのエネルギー使用量を指標とする案について検討を行った。その結果、基地局に関しては、トラフィック量あたりのエネルギー使用量がベンチマーク指標になりうると言えるものの、基地局以外の施設においては、現状ではPUEを計測可能な施設がほとんど無いことから、PUEを指標とすることは難しいのではないかと結論に至った。

そこで本年度の検討では、基地局において、「トラフィック量あたりのエネルギー使用量」を指標とする際の課題について、深堀調査及び整理を行うとともに、基地局以外の施設へのベンチマーク指標の導入可能性について、検討を行った。

本項ではこれらの検討内容について、「2.3.1 ネットワークセンター等のベンチマーク制度対象化に向けた検討」の成果を、「2.3.1.1 基地局に関する残論点の整理」「2.3.1.2 移動体通信事業者へのヒアリング調査」「2.3.1.3 移動体通信事業者へのアンケート調査」、「2.3.1.4 業界・有識者による意見交換会の開催」に分けて記述するとともに、基地局以外の施設の今後の方針案も含めた本年度の総括を「2.3.1.5 ネットワークセンター等のベンチマーク制度対象化に向けた方向性」にて記述している。

2.3.1.1 基地局に関する残論点の整理

「移動体通信のトラフィック量あたりの基地局のエネルギー使用量」をベンチマーク指標とする際の課題について、公開情報やこれまでの検討、「2.3.1.2 移動体通信事業者へのヒアリング調査」で後述する事業者へのヒアリング調査を踏まえ、ベンチマーク指標の要件を元に整理を行った。「当該事業で使用するエネルギーの大部分をカバーできるか」及び「分かりやすい指標か」については、既に課題は無いと判断できるのに対し、「定量的に測定可能か」及び「省エネの状況を正しく示すか」について、残論点があることが明らかとなった。

図表 2-60 「移動体通信のトラフィック量あたりの基地局のエネルギー使用量」の課題

ベンチマーク指標の要件		状況	指標のあり方に関する残論点
当該事業で使用するエネルギーの大部分をカバーできるか		<ul style="list-style-type: none"> 基地局のエネルギー使用量は、移動体通信事業者のエネルギー使用量の半分以上を占めている 	<p>指標のあり方に関する残論点1 (定量的に計測可能か)</p>
定量的に測定可能か	基地局のエネルギー使用量	<ul style="list-style-type: none"> 昨年度調査で多くの事業者が回答可能と判明済 	<ul style="list-style-type: none"> 算出できない事業者がいる場合の算出方法 間接受電基地局の取り扱い 用いるトラフィック量の計測時期 基地局レベルで計測しているトラフィック量の対象化MEC等で処理され、中継パケット交換機相当で把握できないトラフィック量を把握するため、も候補とすべきか
	トラフィック量(中継パケット交換機相当)	<ul style="list-style-type: none"> 全社が総務省の定義に基づき報告を実施 	
分かりやすい指標か		<ul style="list-style-type: none"> 簡易な式でわかりやすい 	<p>指標のあり方に関する残論点2 (省エネの状況を正しく示すか)</p>
省エネの状況を正しく示すか		<ul style="list-style-type: none"> トラフィック量は「移動体通信業」の「成果物」であり、「省エネ指標」になりうる 	<ul style="list-style-type: none"> 冗長性やサービスレベルによる差異の考慮の必要性 基地局の仮想化による差異の考慮の必要性 MVNO事業者との提携数等による差異の考慮の必要性 共通のKPIの設定によるイノベーション阻害の懸念

(出所)NRI 作成

「定量的に測定可能か」については、ベンチマーク指標案の分子・分母それぞれについて調査を行った。まず、分子である「基地局のエネルギー使用量」について、全社が計測することができるのか検証を行う必要があった。また、基地局においては、移動体通信事業者が直接電力会社と契約を締結し、電力料金を支払っている「直接受電」の施設と、ビルオーナー等が一括で電力会社と契約を締結しており、移動体通信事業者はビルオーナーに電力料金を支払う「間接受電」の施設がある。直接受電の基地局については、電力会社からの検針票等を元に電力使用量を把握できていると想定されるが、間接受電の基地局では、事業者によって管理が異なっている可能性があり、全事業者がある程度統一的方法で把握しているかを確認する必要があった。

ベンチマーク指標案の分母である「トラフィック量」については、年々増加しているため、どの時期のトラフィック量を指標に用いるべきかを検討する必要があった。また、移動体通信事業者は総務省にトラフィック量の報告を行っている⁴⁴。その際は、中継パケット交換機相当で計測された値が用いられているが、MEC等で処理されることで、中継パケット交換機相当では捕捉できない可能性が指摘されたため、それらを含めた値である「基地局レベルでのトラフィック量」の値を用いることができるか、その意義があるかが論点として挙げられた。

「省エネの状況を正しく示すか」については、事業者によって冗長性やサービスレベル及び、基地局の仮想化状況、MVNO事業者との提携状況が異なるため、そういった違いの補正の必要性和、共通のKPIを設定する事によって、業界におけるイノベーションの阻害要因とならないかということが懸念点として挙げられた。

2.3.1.2 移動体通信事業者へのヒアリング調査

移動体通信について、「移動体通信のトラフィック量あたりのエネルギー使用量」を指標とするにあたる懸念点や課題について、国内の移動体通信事業者に対してヒアリングを行った。

⁴⁴ (総務省)「情報通信統計データベース」

<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/tsuushin06.html>

移動体通信事業者から挙げた主な意見は次のとおりであった。

<トラフィック量の計測方法の統一可否>

- 細部が異なる可能性はあるが、総務省に報告しているトラフィック量は、概ね同じ方法で計測しているのではないか。
- 設備のベンダーや、通信の世代(3G～5G等)で多少計測内容が異なる可能性はあるが、大きな影響は無いと考えている。
- 基地局の仮想化を進めた場合、トラフィック量はセントラルデータセンターに設置している中継パケット交換機で計測を行うことになるが、方向性自体は変わらないのではないか。
- IT・通信機械室の面積についても把握している。
- 床面積および、IT・通信機器設置室面積は把握していない。

<トラフィック量あたりのエネルギー使用量の指標化に向けた課題>

- 冗長性の確保やサービスレベルの考え方が指標に影響する可能性がある。
- 冗長性等が影響する可能性はあるが、大きな差にはならないのではないか。
- 基地局の仮想化の進捗度が指標に影響する可能性がある。
- 変化が大きい業界のため、指標化がイノベーションを阻害してしまう懸念がある。
- MVNO 事業者が相乗りしている場合等、MVNO 事業者との連携状況で差が生じる可能性がある。
- 都心部と地方では、同じ機器を設置していても稼働率が大きく異なるため差が出る可能性はあるが、各社都心部・地方に基地局を設置しているため、事業者間の差にはなり得ない可能性もある。

2.3.1.3 移動体通信事業者へのアンケート調査

移動体通信に関して、ベンチマーク制度対象化を進めるにあたって、必要な情報を収集するため、日本国内の移動体通信事業者を対象としたアンケート調査を実施し、「2.3.1.1 基地局に関する残論点の整理」で整理した残論点に関して検証を行った。アンケート調査の概要は下表のとおりである。なお、詳細な設問情報については、参考資料 3.2.2 ネットワークセンター等のベンチマーク制度対象化に関するアンケート調査票 を参照されたい。

図表 2-61 アンケート調査実施概要

目的	<ul style="list-style-type: none"> ● 基地局に関して、「移動体通信のトラフィック量あたりの基地局のエネルギー使用量」の指標化に向けて、必要な情報について調査
調査対象	<ul style="list-style-type: none"> ● 移動体通信事業者
調査時期	<ul style="list-style-type: none"> ● 調査開始時期：7月下旬～8月上旬 ● 調査票回収時期：8月下旬～9月中旬
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ● 事務局（NRI）より直接各事業者にメール送付し、メールで回収
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ● 基地局のエネルギー使用量（全基地局、アンテナ基地局） ● 基地局のエネルギー使用量の把握方法（実測値・推計値） ● 基地局の所有数 ● トラフィック量（中継パケット交換機相当・基地局レベル相当） ● 冗長性・サービスレベル等による補正要否 ● MVNOの活用状況 ● その他補正等を行うべき事項

(出所)NRI 作成

残論点 1-1 エネルギー使用量の測定 基地局のエネルギー使用量は定量的に測定可能か

⇒ 全事業者が集計可能

基地局のエネルギー使用量については、一部の事業者を除き、値の回答を得ることができた。値の回答を得られなかった事業者については、集計と算出に手間と時間を要することと、機密情報に該当することを理由に回答を得ることは叶わなかったが、エネルギー使用量自体は管理できているため、制度化が決まった場合は集計方法を検討するとの回答であった。

残論点 1-2 エネルギー使用量の測定 間接受電基地局を算出に含めるか

⇒ 間接受電基地局を含めた値で算出可能

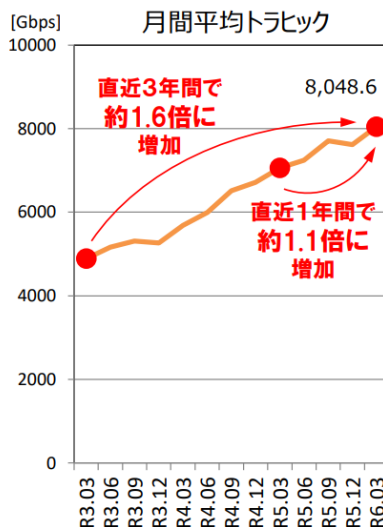
一部の事業者を除き、間接受電の基地局を含めた値を定期報告で報告していた。さらに、間接受電の基地局を含めずに報告していた事業者も、エネルギー使用量は把握しているとの回答であった。従って、全事業者が間接受電の基地局を含めたエネルギー使用量を報告可能であった。トラフィック量自体は直接受電・間接受電を問わず、全ての基地局で計測されており、本質的には間接受電の基地局を含めた値で評価を行うべきであることも踏まえ、間接受電基地局を含めたエネルギー使用量を評価に用いるのが良いといえる。

残論点 1-3 トラフィック量の測定 どの時期の計測値を用いるか

⇒ 四半期ごと(3,6,9,12月)の月間トラフィック量の合計×3が望ましい

移動体通信によるトラフィック量は、下図の通り年々増加傾向にある。従って、「各社が報告可能な範囲」で「同時期」の値を用いることが望ましいと考えられる。全事業者が総務省には3,6,9,12月の月間トラフィック量を計測し、報告していることから、これらの値を合計したものに、3を乗ずることで、年間のトラフィック量に近い値を取得することができると考えられる。ただし、本年度のアンケート調査では、2023年3月のトラフィック量のみを聴取したため、アンケートの分析にあたっては、参考値として3月時点のトラフィック量×12を用いた。

図表 2-62 国内の月間平均トラフィック量



(出所)総務省(2024)「移動通信トラフィックの現状(令和6年9月)」より NRI 抜粋⁴⁵

残論点 1-4 トラフィック量の測定 中継パケット交換機相当と基地局相当のいずれを用いるか

⇒ 中継パケット交換機相当の値を使用すべき

中継パケット交換機相当のトラフィック量は、総務省調査で利用されているため、各社が集計しているものの、MEC等で処理されるトラフィック等が捕捉できない可能性が示唆されていた。基地局レベルのトラフィック量では、MEC等で処理されるトラフィック量についても把握できる可能性が指摘されていたものの、その測定方法に共通ルールが存在しないという課題がある。

そこで、基地局レベルのトラフィック量について、聴取を行った。まず、計測実態としては、経営情報に該当するため回答を辞退した一部の事業者を除き、計測結果の回答を得ることができた。回答を得られた値をもとに、[中継パケット交換機相当のトラフィック量]と[基地局レベルのトラフィック量]の比較を行ったところ、年度・事業者に関わらず一定以上の基地局レベルのトラフィック量が、中継パケット交換機相当のトラフィック量に含まれていることが明らかになる等、事業者間で大きな差は見られなかった。従って、測定方法が統一されており、また、一定程度のカバー率を有すると考えられる中継パケット交換機相当のトラフィック量を用いることが適当であるということが示唆された。

⁴⁵ 総務省(2024)「移動通信トラフィックの現状(令和6年9月)」

<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/data/gt010602.pdf>

残論点 2-1 冗長性やサービスレベルの影響を考慮した指標とすべきか

⇒ 補正は不要と想定

事業者からは、冗長性やサービスレベルがエネルギー効率に影響を与える可能性が指摘された。他方で、大きな影響にはならないとの意見の事業者もいることと、通信サービスのカバー面積等、補正係数となり得る情報を把握していない事業者が多く、補正を行うことは現実的ではないと考えられる。

また、他のベンチマーク業種においても、事業実態が様々な中で措置を講じており、特に影響が顕著かつ明らかな場合でなければ補正等の措置は講じていない。むしろ、補正指標を設定することは、「サービス品質」を規定してしまうことに繋がり得る。従って、移動体通信においては、冗長性やサービスレベルに係る補正は行わないことが適当であると考えられる。

残論点 2-2 仮想化の進捗度合いを考慮した指標とすべきか

⇒ 補正は不要と想定

基地局の仮想化状況は事業者により異なるが、各社ともに仮想化を進める方針を自社 HP で掲げている。また、先進的な事業者でも、仮想化が完了しているわけではないこともあり、影響の大小を評価することは難しい。従って、仮想化も省エネ努力の一つとして捉え、特段の配慮を行わず評価を行うことで、省エネを促すべきなのではないか。

残論点 2-3 MVNO との連携状況を考慮した指標とすべきか

⇒ 間接受電基地局を含めた値で算出可能

携帯サービスを提供する事業者には、MVNO (Mobile Virtual Network Operator(仮想移動体通信事業者)) と呼ばれる事業者が存在している。これらの事業者は大手事業者のインフラを使用してサービスを提供しているため、エネルギー使用量やトラフィック量は大手事業者の報告に含まれている。他方で、事業者との連携状況が、エネルギー効率に影響を与える可能性があるため、一部の事業者からの指摘を踏まえ、アンケート調査において、MVNO 事業者との提携状況について聴取を行った。個社情報に該当するため、詳細な情報は割愛するが、機密情報に該当するため回答を辞退した一部の事業者を除き、MVNO 事業者数及び、総契約回線数に占める MVNO 経由での契約回線数の割合は大きく変わらない結果であった。

また、「MVNO 事業者のエネルギー使用量やトラフィック量を分離することは難しいため、MVNO との連携状況は考慮せず、含めた値を用いた指標で統一すべき」という指摘をする事業者もあったため、補正の必要は無いと考えられる。

総括：移動体通信のベンチマーク制度対象化に向けて

以上の残論点に関する整理結果より、指標としては

「間接受電基地局を含めた基地局の年間エネルギー使用量」÷（「3,6,9,12月時点の月間トラフィック量（中継パケット交換機相当）の和」×3）を用いることが妥当であると考えられる。実際に、アンケート結果が得られた5年間の状況について、エネルギー使用量とトラフィック量に一定の相関があることが示唆された。

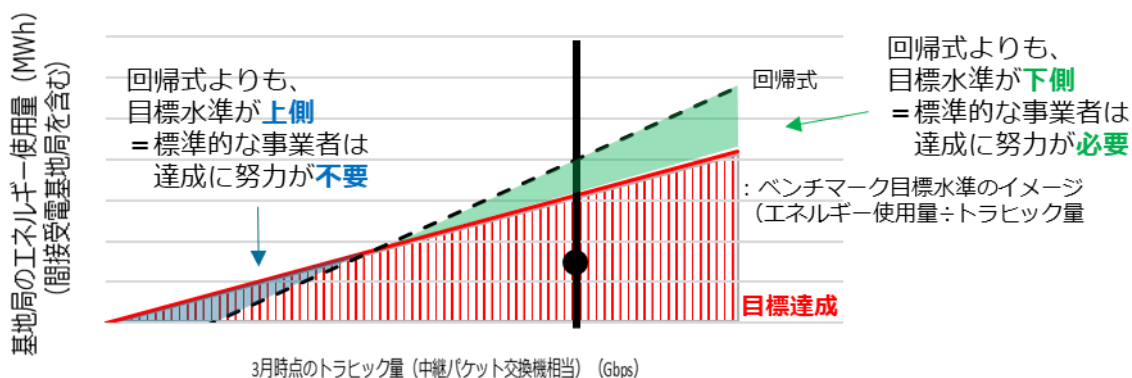
ただし、エネルギー使用効率の改善は、回帰式の傾き（トラフィック量あたりのエネルギー使用量）ではなく、切片（トラフィック量に関わらないエネルギー）の改善によってもたらされていた。現在、一部の移動体通信事業者は「3G回線の停波」を行っているため、それらの作業が影響を与えている可能性がある。実際に、一部の事業者の回答では、3G停波に伴う基地局数や設置機器の減少の影響に関する指摘があったため、3G回線の停波を行っている事業者について、追加ヒアリング及びエネルギー使用量の減少が見られる等、明らかに他と異なる傾向を示すデータを除外して分析を行った。ただし、サービス開始時点から、3G回線の提供を行っていなかった一部の事業者を除き、2023年度実績時点では、3G停波に関する処理が完了している事業者が存在していなかったため、3G停波後の傾向については、引き続き検証する必要がある点に留意が必要であるが、トラフィック量あたりのエネルギー使用量が改善していることが示唆された。

以上より、トラフィック量あたりのエネルギー使用量をベースにベンチマーク制度を導入する場合、以下の3つの方向性が考えられる。

- ① **【基地局のエネルギー使用量】 ÷ 【トラフィック量】**を指標とする
例：エネルギー使用量(MWh) ÷ トラフィック量(PB/年) ≒ 200 程度
- ② **【基地局のエネルギー使用量】 ÷ 【回帰式による理論値】**を指標とする
例：[エネルギー使用量] ÷ [回帰式による理論値] ≒ 0.9
(標準的な事業者よりも 10%省エネ)
- ③ **【基地局のエネルギー使用量】 - 【回帰式による理論値】**を指標とする
例：[エネルギー使用量] - [回帰式による理論値] ≒ -200,000 【MWh】程度
(標準的な事業者よりも 200,000MWh 省エネ)

①[基地局のエネルギー使用量] ÷ [トラフィック量]は、原単位方式に則り、トラフィックを発生させるために必要なエネルギー使用量で評価を行う指標である。シンプルであり、回帰式の切片が0に近く、省エネ量が事業規模と相関する場合、実態に即した評価が可能な指標である。他方で、回帰式の切片が大きい場合、実情と乖離したものとなり、事業者の規模(トラフィック量)によって、達成難易度が変化する等、事業者の省エネ実態を適切に表さない可能性がある。

図表 2-63 回帰式の切片が0に近くない場合のイメージ



(出所)NRI 作成

②[基地局のエネルギー使用量] ÷ [回帰式による理論値]は、標準的な事業者(≡回帰式)からの削減割合で評価を行う指標である。標準的なエネルギー使用量からの削減割合で評価できるため、公平性が担保でき、通信事業者の省エネの多くが事業規模に依るエネルギー削減であれば、省エネ努力を適切に評価できる。他方で、基地局の省エネが事業規模に依らず削減量が一定の場合、事業規模が大きいほど目標達成に必要なエネルギー使用量が大きくなる本方式では、大規模事業者が不利になる可能性があることと、国内事業者の回帰式にのみ基づいた指標であり、国際的な比較等が難しくなる懸念がある。

③[基地局のエネルギー使用量] - [回帰式による理論値]は、標準的な事業者(≡回帰式)からの削減量で評価を行う指標である。標準的なエネルギー使用量からの削減量で評価できるため、公平性が担保でき、通信事業者の省エネの多くが事業規模に依らないエネルギー削減であれば、省エネ努力を適切に評価できる。他方で、通信事業者の省エネの多くが事業規模に依らないエネルギー削減であるという仮説が外れている場合には、規模の大きい事業者ほど、達成が容易な指標となる可能性があることと、国内事業者の回帰式にのみ基づいた指標であり、国際的な比較等が難しくなる懸念がある。

これら①～③の指標案は、下表の通り、エネルギー使用量や省エネ量に関する考え方が異なっているため、指標を決定するためには移動体通信業における「エネルギー使用量の考え方」及び「省エネ量の考え方」に即した指標を選定することが重要である。しかし、足下のデータでは3G 停波の影響で正確な評価が出来ない状況であった。

図表 2-64 指標案ごとのエネルギー使用量・省エネ量の考え方

指標	エネルギー使用量の考え方	省エネ量の考え方
① 基地局のエネルギー使用量 ÷ トラフィック量	トラフィック量に完全に依存しており トラフィック量に応じて増加すると想定 (回帰式の 切片が0付近)	トラフィックを生じさせるためのエネルギー の効率化 であり、事業規模に応じた 割合 で評価
② 基地局のエネルギー使用量 ÷ 回帰式による理論値	トラフィック量に応じて増加すると想定 (回帰式を用いて評価するため、 切片は問わない)	トラフィックを生じさせるためのエネルギー の効率化 であり、事業規模に応じた 割合 で評価
③ 基地局のエネルギー使用量 － 回帰式による理論値	トラフィック量に応じて増加すると想定 (回帰式を用いて評価するため、 切片は問わない)	トラフィックに関わらず必要なエネルギー の効率化 であり、事業規模に関わらず 絶対値 で評価

(出所)NRI 作成

2.3.1.4 業界・有識者による意見交換会の開催

調査の方針確認や、調査・分析したデータをもとにベンチマーク制度の対象化に関してのご意見をいただき、方向性の取りまとめに関する助言を得ることを目的に、業界・有識者による意見交換会の開催を行った。

1) 意見交換会の開催概要

ネットワークセンター等のベンチマーク制度対象化に向けた意見交換会の開催概要は次の通りである。

開催スケジュール	<p>第一回 令和6年7月18日 10時00分～11時30分(金子委員) 令和6年7月18日 14時30分～16時00分(江崎委員・松岡委員) ※日程調整の都合上、分割した開催とした</p> <p>第二回 令和7年2月26日 (資料送付による書面開催)</p>
参画メンバー	<p>江崎 浩 東京大学大学院情報理工学系研究科 教授 松岡 茂登 大阪大学サイバーメディアセンター 特任教授 金子 純二 一般社団法人電気通信事業者協会</p>
議題	<p>【第一回】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 意見交換会の開催趣旨 • ネットワークセンター等の省エネベンチマーク制度対象化に向けた調査・検討 <ul style="list-style-type: none"> ➢ これまでの経緯の振り返りとヒアリング調査のご報告 ➢ 固定通信事業者における局舎等の進め方 ➢ 移動体通信事業者における局舎等の進め方 ➢ 移動体通信事業者における基地局の進め方 <p>【第二回】</p> <ul style="list-style-type: none"> • ネットワークセンター等の省エネベンチマーク制度対象化に向けた調査・検討 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 指標のあり方に関する残論点1(定量的に計測可能か) ➢ 指標のあり方に関する残論点2(省エネの状況を正しく示すか) ➢ 目標水準に関する論点

1) 意見交換会で挙げた主なご意見

第一回意見交換会では、ベンチマーク制度対象企業・ベンチマーク指標の設定について下記のようなご意見があった。

<固定通信事業者における局舎等の進め方>

- 短期的な指標化が難しい旨は同意。
- 検討候補としては、「トラヒック」「施設を限定した PUE」「再エネ利用率」が候補になるのではないかと。
- トラヒック量について検討する際は、アクセス網から外資系ハイパースケーラーの独自ネットワークに抜け出たトラヒックが捉えられない可能性に留意する必要がある。
- 即座に設定できる指標は現状ないと認識しており、今年度の調査結果によっては、検討を数年間休止することも選択肢とすべき。

<移動体通信事業者における局舎等の進め方>

- 固定通信同様に、PUE の指標化は現実的ではなく、即座の指標化は困難な可能性がある。
- エネルギー使用量が過半数を占める基地局について指標化をまずは目指すべきである。

<移動体通信事業者における基地局の進め方>

- 移動体通信におけるトラヒック量あたりの基地局のエネルギー使用量をベースに検討を進める方針に異論なし。
- 補正が必要かについては情報を持ち合わせていないため、委員側でも情報収集を進めるが、アンケート調査でも聴取して欲しい。
- 基地局のエネルギー使用量の一部を推計している事業者もいるため、実測している事業者が不利にならないような配慮が必要
- 変化が早い業界のため、6G等の次世代技術が実用化した際は、指標の見直しを検討する必要がある。
- 冗長性・サービスレベルでの違いは大きくないと想定しているが、事業者ごとの考え方もあるため、アンケートで事業者の考え等を聴取して欲しい。
- 基地局について制度化する場合は、「ネットワークセンター」ではなく、「移動体通信事業者」に関するベンチマーク制度とすべきである。

また、第二回意見交換会では、今年度の調査結果の概要と、次年度以降の進め方について、委員にご確認をいただいた。委員からは追加の検討点として、「都市部と地方部でエネルギー効率が異なる可能性があるため、エネルギーカバー率の問題もあるが、例えば市町村をカバーしている基地局のみを計測の対象とすべきではないか。ただし事業者によって基地局設置の考え方が異なることから慎重に検討する必要がある。」とのご意見をいただいた。

2.3.1.5 ネットワークセンター等のベンチマーク制度対象化に向けた方向性

本年度の検討において、移動体通信における基地局については、トラフィック量あたりのエネルギー使用量を使用するというおおよその方針は見えたものの、基地局以外の通信施設については、PUE や通信量あたりのエネルギー使用量に変わる有力な指標案を見つけることはできなかった。ここでは、固定通信事業者の局舎等、移動体通信事業者の基地局、移動体通信事業者の基地局以外の局舎等それぞれについて、今年度の調査結果及び今後の方針について取りまとめる。

【固定通信事業者の局舎等】

固定通信における通信施設に関するベンチマーク指標の案としては、これまで「PUE」及び、「通信量あたりのエネルギー使用量」が検討されていた。

しかしながら、PUE は計測に必要な機器を設置している施設が極端に少なく、新規に計測機器を設置するにはコスト等の負荷が大きいことと、電源を停止しなければならないこと等による事業場のリスクが大きいことから、局舎等に一律に PUE の計測を促すことは難しい状況であった。

他方で、「通信量あたりのエネルギー使用量」は、それぞれの事業者が「通信量」は計測しているものの、一般的な計測ポイントである POI (Point Of Interface, 相互接続点) で計測を行う場合、メガクラウド事業者に抜け出しまい補足できていないトラフィック量が大きくなっている可能性が指摘されている。また、評価という観点でも、通信の双方向性が高まる等、通信経路が複雑化していることから、適切な通信量の計測点の決定が難しいことから、横並びでの評価が難しいことが指摘されている。

PUE と通信量あたりのエネルギー使用量をベンチマーク指標とするための「計測」「評価」に関する状況は下表のとおりである。

図表 2-65 固定通信業に関する指標の検討状況

	PUE	通信量あたりのエネルギー使用量
計測	<p>×</p> <p>計測可能な施設がほとんどなく 新規の計測器設置も難しい</p>	<p>△～×</p> <p>個社ごとの定義であれば、 計測自体は可能</p> <p>ただし、一般的な計測ポイントである POI の場合、メガクラウド事業者等に抜け出るトラフィックを補足できない可能性もある。</p>
評価	<p>○</p> <p>評価可能</p>	<p>×</p> <p>横並びで評価可能な 通信量の計測点が無い</p>

(出所)NRI 作成

これまでの検討状況を踏まえると、固定通信事業者の局舎等に関しては「①PUE」「②トラヒック量あたりのエネルギー使用量」「③その他の指標案の検討」3つの方針が考えられる。

「①PUE」の計測難易度は高いものの、計測可能な施設に関しては、評価を行うことが可能である。従って、解決策の一つとして、「計測可能な施設」や「新設施設」のみを対象に導入を行うことが挙げられる。ただし、現状で計測可能な事業者はほとんどいないことと、新設される大規模な施設は多くないと思われることから、計測可能な施設のみをベンチマーク制度の対象とした場合、ごくわずかな施設しか評価できない形骸化した制度となる懸念がある。そのため、今後の施設の新設や更新等の見込みについても調査していき、新設・更新等が少ないようであればPUEを指標とすることは難しいと言える。

「②トラヒック量あたりのエネルギー使用量」については、POI 以外に計測点があるかについて、調査を行う必要がある。計測点については「全事業者が計測可能な点か」「メガクラウド事業者等に流出するトラヒック量を把握することが可能か」「公平な評価が行えるか」に留意しながら事業者の意見を慎重に収集する必要がある。

「③その他の指標案の検討」については、これまでの調査では有力な候補は得られていないが、引き続き情報収集を行う必要がある。固定通信業界の動向という観点では、最大手事業者であるNTTグループが現在「IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想」を推し進めている。IOWN 構想では、電気よりもエネルギー効率が高い光技術を導入することで、「電力効率」を2030年に100倍にすることを目標として掲げているなど、エネルギー効率という点でも大きな変化が生じ始めている。現状ではNTTグループ自身も「エネルギー効率」の詳細な定義を明らかにしていないが、NTTグループと意見交換を行いつつ、適切にエネルギー効率を評価可能な指標について調査を行っていくことが重要であると言える。他方で、IOWNによって大きな変化が予想されることから、現状で適切と考えられる評価軸が、直近数年で変化してしまう可能性も高いと考えられるため、実際に制度として導入する場合は留意する必要がある。

【移動体通信事業者における基地局等】

委員からいただいた「都市部と地方部のエネルギー効率の違いを考慮するために対象の基地局を絞る」というご提案について、事業者とのディスカッションやアンケート調査を通じ、移動体通信事業者が妥当性を感じるか、納得できる線引きが可能かについて調査を行い、補正の可否を含めて検討を行っていく必要がある。

また、3Gの停波について、停波作業又は3Gの発出有無がエネルギー効率に影響することが示唆されているが、サンプルが限定的であることもあり、その影響を正確に分析出来ていない。3G停波は今後も続くことから、指標案を適切に決定するためには影響分析が不可欠である。2025年度は2024年度の実績を得られるため、一部の事業者については、3G停波の影響を受けない停波後のデータが入手可能となる。従って、新たにアンケート調査を行い、3G停波の影響を受けない停波後のデータや、4半期毎のトラヒックデータを取得し、これらを下に、3G停波の影響について詳細分析を行い、必要に応じて補正も含めた指標の検討・最終決定に向けて進めていくのが良いと考えられる。

【移動体通信事業者における基地局以外の局舎等】

移動体通信事業者の基地局以外の局舎等については「移動体通信の基地局と評価方法を揃える」方法と、「固定通信の局舎等と評価方法を揃える」方法の2つの方向性が考えられる。

①移動体通信の基地局と評価方法を揃える方法

「移動体通信におけるトラフィック量あたりのエネルギー使用量」を指標にすることを想定している。移動体通信における基地局以外の局舎等では、携帯機器等から基地局を通じて、局舎等に到達した情報を処理したり、他の施設等に流したりするため、基地局同様に「移動体通信のトラフィック量を生産数量」とする考え方は、ある程度妥当性を持っていると評価できる。

さらに、基地局に関するベンチマーク指標の検討では、近年行われている基地局の仮想化が、基地局のエネルギー使用量を減少一させる方で、局舎等のエネルギー使用量を増加させる可能性が指摘されている。従って、基地局と局舎等を同一の方法で評価することは、仮想化の状況によって事業者間に不公平が生じない、公平な評価に繋がらう。

他方で課題としては、移動体通信・固定通信両方の事業を行っている事業者が存在することが挙げられる。両方の事業を行っている事業者の場合、基地局以外の局舎等では両方の情報を取り扱っているため、「移動体通信にかかるエネルギー使用量」を分離することができない。そのため、「移動体通信におけるトラフィック量÷局舎等におけるエネルギー使用量」を指標とした場合、両方の事業を行う事業者は指標が有利に評価され、移動体通信のみを行っている事業者との不公平が生じる。そのため、「移動体・固定通信のエネルギー使用量を按分するための妥当な数値（契約者数等）が存在するか」について、事業者と議論を進めていくことで、解決の糸口が見えてくる可能性があるのではないかと考えられる。

②固定通信における局舎等と同じ方法で評価を行う方法

基地局以外の局舎等も施設構成としては、固定通信における通信施設と類似している部分が多いため、同様の方針が適用できる可能性がある。ただし、固定通信において適切であると考えられる指標でも、移動体通信事業者にとっても公平な指標となりうるか等、事業者と慎重に議論を進める必要がある。

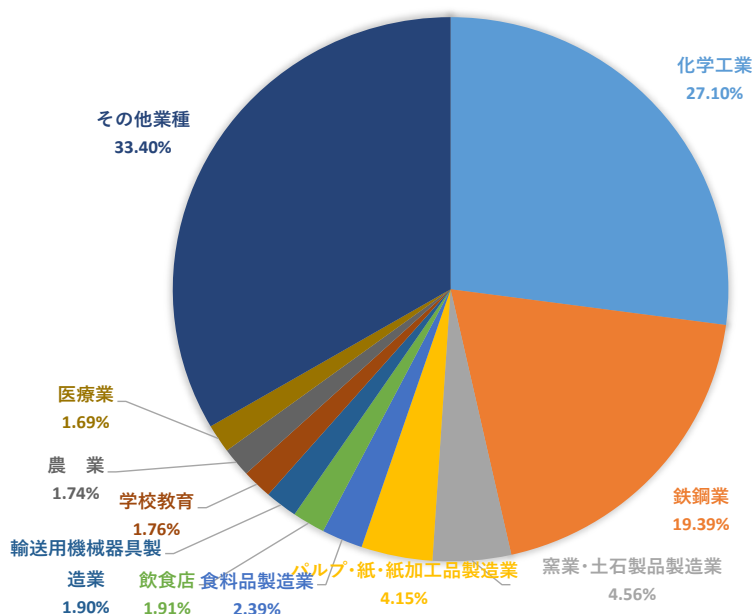
以上を踏まえると、移動体通信事業者における基地局以外の局舎等のベンチマーク制度対象化を目指すためには、事業者とのディスカッションを通じ、①移動体通信の基地局と評価方法を揃える方法を模索しつつ、固定通信事業者に関する調査の進捗を見極めながら、②固定通信における局舎等と同じ方法で評価を行う方法が可能か評価を行っていくのが良いと考えられる。

2.3.2 その他エネルギー消費量の大きい業種・分野の検討⁴⁶

ここでは、ベンチマーク制度のさらなる対象拡大に向けて候補となる業種の検討を行う。検討にあたっては、エネルギー消費量の大きい業種を特定するために、各年度版の総合エネルギー統計詳細表⁴⁷における最終エネルギー消費を用いて、業種ごとに整理した。

下図に 2022 年度の業種別エネルギー消費量のグラフと表を示す。

図表 2-66 2022 年度における業種別エネルギー消費量(上位 10 業種)



(出所)資源エネルギー庁 「総合エネルギー統計 詳細表」⁴⁸より IEEJ 作成

図表 2-67 上位 10 業種における 2022 年度のエネルギー消費量と 10 年間の推移

順位	業種名	エネルギー消費量(PJ)	ベンチマーク対象業種	年平均(%、10年間)	2012年度比(%)	推移
1	化学工業	1,942	○	-1.9%	-17%	
2	鉄鋼業	1,389	○	-2.3%	-21%	
3	窯業・土石製品製造業	326	○	-1.6%	-15%	
4	パルプ・紙・紙加工品製造業	297	○	-1.9%	-17%	
5	食料品製造業	172		-1.3%	-13%	
6	飲食店	137		-1.7%	-16%	
7	輸送用機械器具製造業	136		-3.0%	-26%	
8	学校教育	126	○	3.2%	38%	
9	農業	125		-2.9%	-26%	
10	医療業	121		-0.3%	-3%	

(出所)資源エネルギー庁 「総合エネルギー統計 詳細表」⁴⁹より IEEJ 作成

⁴⁶ 本節の事業遂行および報告書作成は、野村総合研究所(NRI)より委託を受けた日本エネルギー経済研究所(IEEJ)が担当した。

⁴⁷ 資源エネルギー庁 「総合エネルギー統計 詳細表」

https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html

⁴⁸ 同上

⁴⁹ 同上

2022 年度において、企業・事業所他におけるエネルギー消費のうちエネルギー消費量の大きい上位 10 業種が占める割合は約 67%を占める。上位 10 業種のうち特にエネルギー消費量が多い業種は、化学工業と鉄鋼業であり、この 2 業種によって企業・事業所他におけるエネルギー消費量の約 46%を占める。

上位 10 業種のうち省エネ法のベンチマーク対象業種が含まれる業種について確認すると、既に半数の業種においてベンチマーク制度の対象になっていることがわかる。総合エネルギー統計の業種とベンチマーク対象業種は下記のような対応になっている。

図表 2-68 上位 10 業種とベンチマーク対象業種

順位	業種名	ベンチマーク対象業種の詳細
1	化学工業	5.石油精製業、6A.石油化学系基礎製品製造業、6B.ソーダ工業
2	鉄鋼業	1A.高炉による製鉄業、1B.電炉による普通鋼製造業、1C.電炉による特殊鋼製造業
3	窯業・土石製品製造業	3.セメント製造業
4	パルプ・紙・紙加工品製造業	4A.洋紙製造業、4B.板紙製造業
5	食料品製造業	-
6	飲食店	-
7	輸送用機械器具製造業	-
8	学校教育	13.大学
9	農業	-
10	医療業	-

(出所)資源エネルギー庁 「総合エネルギー統計 詳細表」⁵⁰より IEEJ 作成

化学工業においては、ベンチマーク対象業種の 5 石油精製業、6A 石油化学系基礎製品製造業、6B ソーダ工業が含まれている。鉄鋼業では、1A 高炉による製鉄業、1B 電炉による普通鋼製造業、1C 電炉による特殊鋼製造業がベンチマーク対象業種に指定されている。窯業・土石製品製造業は、3 セメント製造業がベンチマーク対象業種である。パルプ・紙・紙加工品製造業では、4A 洋紙製造業、4B 板紙製造業がベンチマーク対象業種である。学校教育においては、13 大学がベンチマーク対象業種として指定されている。総合エネルギー統計の業種とベンチマーク対象業種のエネルギー消費量のカバー率に留意する必要はあるが、上位 10 業種のうち 5 業種においてベンチマーク対象業種が含まれることがわかる。

他方で、ベンチマーク対象業種が含まれない上位 10 業種は、食料品製造業、飲食店、輸送用機械器具製造業、農業、医療業である。

これらの業種の 2012 年度から 2022 年度の 10 年間ににおける年平均(CAGR)を見ると、全ての業種においてエネルギー消費量は減少している。飲食店や医療業のように、コロナによる影響も一部の業種においては見られるが、トレンドとしてエネルギー消費量は減少しており、省エネ取組等による影響かは明確ではないが、業種として成熟していることが窺える。

⁵⁰ 同上

したがって、エネルギー消費量の規模に着目した場合、以下の業種がベンチマーク制度の対象拡大の候補となる可能性がある。

- 食料品製造業
- 飲食店
- 輸送用機械器具製造業
- 農業
- 医療業

他方で、上記の業種はエネルギー消費量の推移としては、減少傾向にあることに留意すべきである。エネルギー消費量の減少推移の要因としては、省エネ取組などによるエネルギー効率改善によるものや、業種内の景気変動による生産活動量の減少によるものの2通りが考えられる。実際に上記の業種をベンチマーク制度の対象候補として検討する場合は、このトレンドの要因について分析する必要がある。

3 参考資料

3.1 データセンター業ベンチマーク制度に関するフォローアップに係る調査

3.1.1 SERT の計測・算出方法

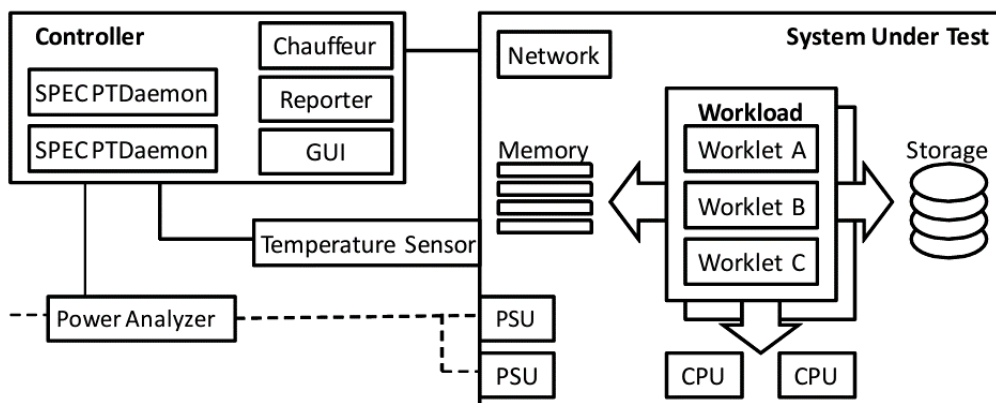
1 計測方法

1-1 セットアップのための要件

最も基本的な SERT 測定には、下記のハードウェア(HW)とソフトウェア(SW)が必要である(図表 3-1)。

- System Under Test(HW)(以下、『SUT』)：測定が行われる実際のシステム。
- Controller(HW)(例：サーバ、PC、ラップトップ)：SUT と温度センサー・電力アナライザーを接続するためのシステム。
- Power Analyzer(HW)：コントローラーと SUT の電源に接続され、SUT の電力消費を測定および記録するために使用。
- Temperature Sensor(HW)：コントローラーに接続され、SUT のメインの空気流入口の前に配置されて、周囲温度を測定するために使用。
- SPECPTDaemon(SW)：電力アナライザーと温度センサーに接続し、ワークロードスイートの実行中にそれらの測定値を収集。
- Chauffeur(SW)：SUT とコントローラーにインストールされたソフトウェアの制御とともに、電力データの測定と記録のロジスティック面を処理。
- Reporter(SW)：実行が完了した後に環境、電力、パフォーマンスのデータを要約し、読みやすい形式にコンパイルする。
- Graphical User Interface(SW)(以下、『GUI』)：SERT Suite の構成と実行を担当。

図表 3-1 SERT の環境構築



2 計測手順

手順 1：SERT のインストール

SUT とコントローラーに Java ランタイム環境(SERT 2.0.x 要件：Java 8 以上)がすでにインストールされていることを確認する。ユーザーが複数のマシンを使用して SERT 測定

シーケンスを実行する場合は、各システムのオペレーティングシステムイメージを保持するストレージデバイスにすべてのファイルを解凍(またはインストール)する必要がある。

手順 2 : GUI 経由で SERT Suite を起動

SERT GUI は、ユーザーがテストを設定および実行し、テストの結果を表示およびアーカイブするための直感的な方法を提供する。GUI を使用するために、SUT とコントローラシステムについて所定の操作・設定を行う。

手順 3 : GUI の起動

コマンドウィンドウを開き、オペレーティングシステムに応じて、スクリプト SERT-2.0.x¥SERTUI¥run-sertui.bat または run-sertui.sh のいずれかを実行する。

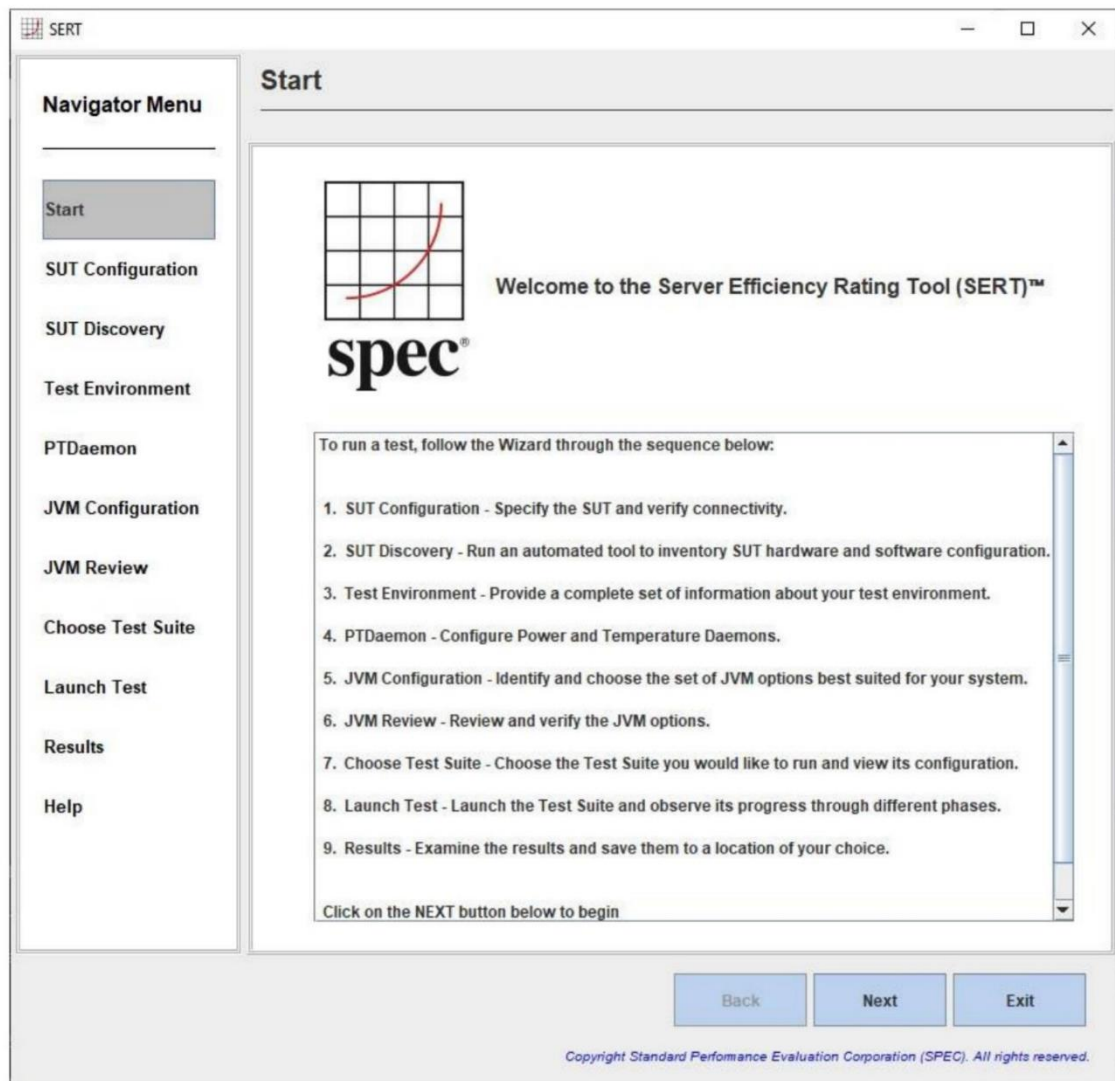
手順 4 : GUI の操作(上から順にパネルを操作)

- [Start]パネル：SERT スイートを実行するために必要な一連の手順が表示される。
- [SUT Configuration]パネル：ユーザーは SUT の IP アドレスまたはホスト名を設定できる。複数 IP アドレスがある場合は、コンマ区切りのリスト(例：10.0.0.101、10.0.0.110)または IP アドレスの範囲(例：10.0.0.101-120)を指定できる。
- [SUT Discovery]パネル：SUT から取得したソフトウェアとハードウェアの構成が表示される。
- [Test Environment]パネル：SERT 結果を取得するために使用されたハードウェアおよびソフトウェアのセットアップに関する詳細情報をユーザーが編集できる。[Test Environment]パネルで定義された情報は、テスト実行の最後に結果レポートに表示される。
- [PTDaemon]パネル：温度センサーおよび電力計に関連する設定を表示および編集できる。
- [JVM(Java 仮想マシン) Configuration]パネル：ローカルの client-configurations-2.0.xml 内の対応するクライアント構成 ID を識別するために、テスト対象の SUT の CPU、オペレーティングシステム、Java 仮想マシンに関するパラメータを選択できる。
- [JVM(Java 仮想マシン)Review]パネル：測定中に各ワークロードに使用される JVM オプションとクライアント JVM の数を確認できる。
- [Choose Test Suite]パネル：実行するテストの選択、主要な起動変数の設定、テストに関する設定情報の表示を行う。政府機関に送信される公式な SERT 結果を送信するためには、すべてのワークレットを含む「Full Test Suite (config-all.xml)」を選択する必要がある。
- [Launch Test]パネル：SERT 測定を開始し、その進行状況を監視するために使用される。[テストの起動]をクリックしてテストを開始することができる。SERT Suite の現在のリリースでは、16GB 以上のメモリと少なくとも 2 つのオンボードストレージ

デバイスを備えた一般的な 2 ソケットサーバですべてのワークレット(CPU、メモリ、ストレージ I/O)を実行する一般的なテストパスには、2 時間半かかる場合がある。この時間は SUT に存在するハードウェアの量によって決まるため、より豊富なハードウェアが搭載されたプラットフォームでは実行に時間がかかる場合がある。

- [Results]パネル：ユーザーは結果を表示およびアーカイブできる。これは、完全開示レポート(FDR)と呼ばれることもある。
- [Help]パネル：リリース情報と、ユーザーが利用できるさまざまなドキュメントへのリンクが表示される。

図表 3-2 GUI の画面イメージ



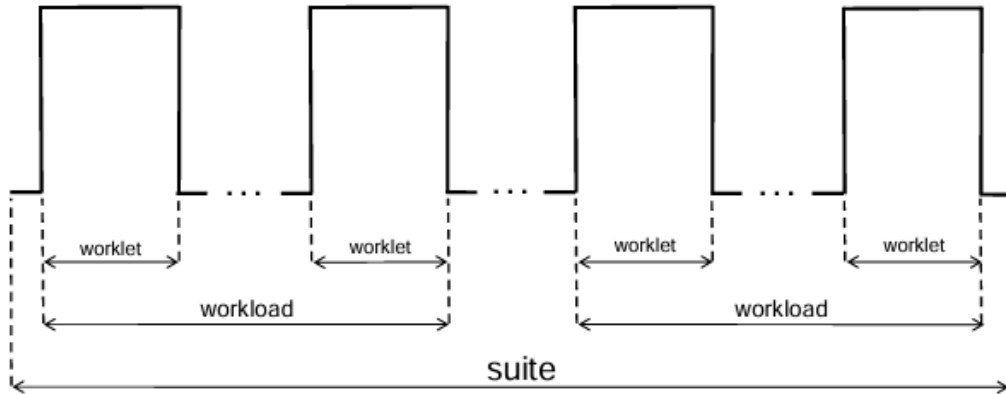
3 SERT メトリックの算出方法

3-1 ワークロードとワークレット

- SERT Suite には、CPU、メモリ、ストレージの 3 つの独立したワークロードがあり、これらのワークロードはそれぞれ、ワークレットと呼ばれるいくつかの独立したミニワークロ

ードで構成されている。各ワークレットは、いくつかの負荷レベルで実行される。SERT 負荷レベルは、ワークレットが実行されるトランザクションレートを使用して定義され、各ワークレットにはトランザクションがあり、これはワークレットによって実行される基本的な作業単位である。スループット(1秒あたりに実行されるトランザクションの量)は、各 SERT ワークレットの主なパフォーマンスメトリックである。

図表 3-3 SERT Suite のコンポーネント



- 各ワークレットは、実験を実行するためのさまざまな構成パラメータをサポートしているが、SERT Suite は準拠した実行のためにこれらのパラメータの値を定義する。次の表は、現在のワークレットと各ワークロードの負荷レベルを示す(図表 3-4)。

図表 3-4 ワークレットの詳細

Workload	Load Level	Worklet Name
CPU	100%, 75%, 50%, 25%	Compress
		CryptoAES
		LU
		SHA256
		SOR
		SORT
	100%, 87.5%, 75%, 62.5%, 50%, 37.5%, 25%, 12.5%	SSJ
Memory	Full, Half	Flood3
	Max, Base	Capacity3
Storage	100%, 50%	Random
		Sequential
Idle	idle	Idle

- ◇ Compress : Lempel-Ziv-Welch(LZW)方式を使用してデータを圧縮および解凍するトランザクションを実装する。共通の部分文字列を見つけて、可変サイズのコードに置き換える。
 - ◇ CryptoAES : AES ブロック暗号アルゴリズムを使用してデータを暗号化および復号化するトランザクションを実装する。
 - ◇ LU : 部分ピボットを使用して密行列の LU 分解を計算するトランザクションを実装する。
 - ◇ SHA256 : 標準の Java 関数を使用して、バイト配列に対して SHA-256 ハッシュ変換を実行する。
 - ◇ SOR : 有限差分アプリケーションで一般的なアクセスパターンを実行するトランザクションを実装する。
 - ◇ SORT : 各トランザクション中にランダム化された 64 ビット整数配列をソートするソートアルゴリズムを実装する。
 - ◇ SSJ : エンタープライズ アプリケーションをシミュレートする複数の異なるトランザクションを同時に実行する。
 - ◇ Flood3 : 算術演算とコピー命令を使用してメモリをテストする、シーケンシャルメモリ帯域幅テストを実行する。
 - ◇ Capacity3 : 最小および最大のデータセットに対して XML 操作を実行するメモリ容量テストを実施する。
 - ◇ Random : ランダムなファイルの場所からデータを読み書きする。
 - ◇ Sequential : 順番に選択されたファイルの場所からデータを読み書きする。
 - ◇ Idle : テスト対象のシステムでアクションを実行せず、アイドル電力消費を測定するためにシステムをアイドル状態に維持する、パフォーマンスメトリックを持たない唯一のワークロード。特定のサブシステムをターゲットにせず、効率性も測定しない(消費のみ)。スコアには含まれないが、追加情報として測定結果が出力される。
- 最大負荷レベル(100%)は、1 秒あたりに可能な限り多くのトランザクションが実行される負荷レベルとして定義される。より低い負荷レベルは、パフォーマンスとシステム使用率を低くするために、個別のトランザクション間で意図的に待機することで実現される。たとえば、75%の負荷レベルでは、1 秒あたりに実行されるトランザクションの最大可能量の 75%のみが実行される。負荷レベルは CPU 使用率と同じではないことに注意する必要がある。負荷レベルが 50%の場合、ワークレットが全負荷と比較して 50%のトランザクションしか実行しないことを意味するだけで、CPU が 50%使用されていることを意味する訳ではない。また、ストレージ ワークレットなどの一部のワークレットは、CPU を完全に使用するように設計されていないにもかかわらず、負荷レベルが 100%であることも考慮する必要がある。
 - SERT Suite は、承認された電力アナライザーと温度センサーから測定データを自動的に収集し、そのデータを SERT メトリックに統合する機能を提供する。

4 スコアの計算方法

- アイドル状態を除くすべての SERT ワークレットは、複数の負荷レベルで実行され、これらの負荷レベルごとにエネルギー効率が個別に計算される(式1)。各負荷レベルのエネルギー効率(Eff_{load})を次の式で決定する。つまり、エネルギー単位(J:ジュール)あたりに実行された(正規化された)トランザクションの量を表す。

$$Eff_{load} = \frac{\text{Normalized Performance}}{\text{Power Consumption}} \dots \text{式 1}$$

Normalized Performance : ほとんどのワークレットの正規化されたスループット

Power Consumption : 各負荷レベルで測定された平均電力消費

- ワークレット効率スコア($Eff_{worklet}$)は、個別の負荷レベルスコアの幾何平均を使用して計算される(式2)。n はワークレットあたりの負荷レベルの数を表し、 Eff_{load_i} は負荷レベル i のエネルギー効率を表す。最後に、結果として得られた幾何平均に係数 1000 を掛けるが、これは結果のスコアを視認性の高い数値範囲にするために選択された表面的な係数である。

$$Eff_{worklet} = \exp\left(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \ln(Eff_{load_i})\right) \times 1000 \dots \text{式 2}$$

計算例：CryptoAES ワークレットは、4 つの負荷レベル(25%、50%、75%、100%)において、電力と正規化されたパフォーマンスが測定され、エネルギー効率は次のように計算される。

Load Level	Normalized Performance	Power	Efficiency
25 %	49.616	176.583 W	0.281
50 %	99.221	294.086 W	0.337
75 %	148.823	407.581 W	0.365
100 %	199.476	469.005 W	0.425

$$\exp(1/4 * (\ln(0.281) + \ln(0.337) + \ln(0.365) + \ln(0.425))) * 1000 = \underline{348.33}$$

- ワークロード効率スコア($Eff_{workload}$)は、ワークロード内の全てのワークレット効率スコアを集計し、幾何平均を用いて計算される(式3)。n はワークロードあたりのワークレットの数を表し、 $Eff_{worklet_i}$ は特定のワークレット i のエネルギー効率を表す。

$$Eff_{workload} = \exp\left(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \ln(Eff_{worklet_i})\right) \dots \text{式 3}$$

計算例：ストレージワークロードのワークロードエネルギー効率を計算する。ストレージは、Random と Sequential の 2 つのワークレットで構成されている。この例のシステムでは、次のワークレット効率スコアが示される。

Worklet	Worklet Efficiency Score
Random	14.36
Sequential	33.86

$$Eff_{workload} = \exp(1/2 * (\ln(14.36) + \ln(33.86))) = \underline{22.05}$$

- SERT2 メトリック(または SERT2 効率スコア)は、ワークロード効率スコアの最終的な集計であり、これも幾何平均を使用して算出される。他の平均集計とは異なり、SERT2 メトリックはすべてのワークロードを平等に考慮せず、代わりに、下記の加重幾何平均を使用して、各ワークロードスコアに重みづけを行う。

CPU weight: 65% (High)

Memory weight: 30% (Medium)

Storage weight: 5% (Low)

したがって、SERT2 メトリックは下記のように計算される(式4)。

$$\begin{aligned} \text{SERT2 Efficiency Score} &= \exp(0.65 * \ln(\text{Eff}_{\text{CPU}}) + 0.3 * \ln(\text{Eff}_{\text{Memory}}) + 0.05 \\ &\quad * \ln(\text{Eff}_{\text{Storage}}) \dots \text{式 4} \end{aligned}$$

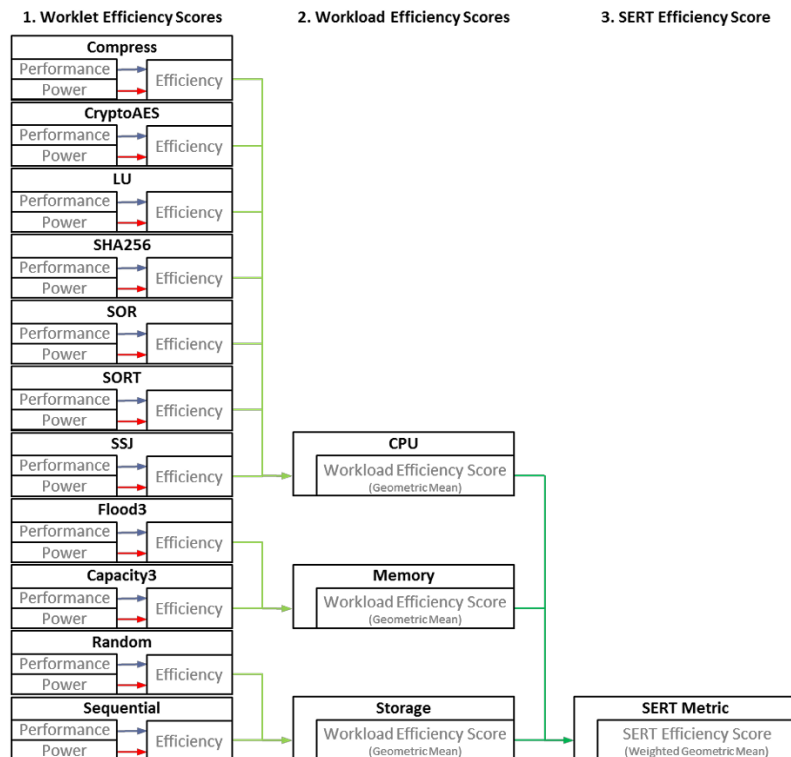
計算例：個別のワークロードの効率スコアに基づいて、サンプルシステムの SERT2 メトリックを計算する。この効率スコアは、ワークレット スコアの幾何平均を使用して計算されている。

Workload	Workload Efficiency Score
CPU	85.75
Memory	36.50
Storage	22.05

$$\text{SERT2 効率スコア} = \exp(0.65 * \ln(85.75) + 0.3 * \ln(36.50) + 0.05 * \ln(22.05)) = \underline{62.01}$$

➤ 計算過程を図示すると、下記の通りとなる(図表 3-5)。

図表 3-5 指標の計算過程



5 出力結果

➤ サンプルシステムのレポートは次の通り(図表 3-6)。概要の左側部分は、3つの異なるワー

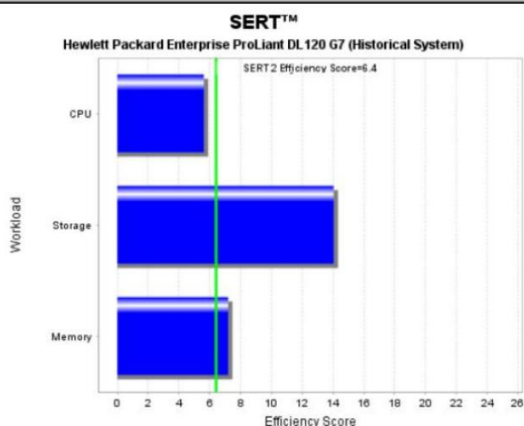
クロード(CPU、ストレージ、メモリ)のワークロード効率スコアと、SERT2 効率スコア (SERT2 メトリック)をグラフ形式で表している。

図表 3-6 結果の出力

SERT™ Report
 Copyright © 2007-2017 Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC). All rights reserved.
The SERT license agreement prohibits the use of numerical information from this report to make public comparisons promoting the use of one product over another.

Hewlett Packard Enterprise ProLiant DL120 G7 (Historical System)			
Test Sponsor	Hewlett Packard Enterprise	Software Availability	Apr-2016
Tested By	HPE Performance Engineering	Hardware/Firmware Availability	Jul-2016
SPEC License #	3	System Source	Single Supplier
Test Location	Houston, TX, USA	Test Date	Mar 25, 2017
SERT 2 Efficiency Score	6.4		

Summary



Aggregate SUT Data	
Model	Hewlett Packard Enterprise ProLiant DL120 G7 (Historical System)
Number of Nodes	1
CPU Name	Intel(R) Xeon(R) CPU E3-1240 @ 3.30GHz
Total Number of Processors	1
Total Number of Cores	4
Total Number of Threads	8
Total Physical Memory	8.0 GB
Total Number of Memory DIMMs	2
Total Number of Storage Devices	1

Workload Efficiency Score			Idle Watts
CPU	Storage	Memory	
5.6	14.0	7.2	50.1

6 スコアの改善方法

6-1 より高エネルギー効率の CPU の利用

- SERT2 メトリックは、主にワークレット(およびその後のワークロード)スコアのパフォーマンスと効率によって影響を受ける。つまり、単一のワークロードスコアの変更は、テスト対象システムの SERT2 効率スコアに直接影響する。ワークロードは SERT2 メトリックに対して均等に重み付けされていないため、特定のワークロードを変更すると、SERT2 メトリックに大きな影響がある。具体的には、CPU ワークロードが最も大きく、次にメモリワークロードが影響する。システム構成を変更すると、通常、ワークロードスコアも変更される。
- システムハードウェアコンポーネントは、パフォーマンスが優れているか消費電力が低い他のコンポーネントに交換できる。エネルギー効率の高い CPU は、個別の負荷レベル測定のエネルギー効率スコアを高め、ワークレットスコアの向上につながり、結果として CPU ワークロード スコアの向上につながる。
- パフォーマンスの高い CPU は、この CPU を使用する CPU ワークロードのエネルギー効率を高める可能性があるが、この CPU が低負荷またはアイドル状態のままであるストレージワークロードのエネルギー効率を低下させる可能性がある。ただし、65%の CPU ウェ

イトの影響を補うか上回るには、これらの増加が非常に大きくなければならないため、影響は小さいと考えてよい。

7 参考資料

- SERT® SUITE 2.0 User Guide
<https://www.spec.org/sert2/SERT-userguide.pdf>
- Server Efficiency Rating Tool (SERT®) Run and Reporting Rules
<https://www.spec.org/sert2/SERT-runrules.pdf>
- SERT® Suite Design Document 2.0.x
<https://www.spec.org/sert2/SERT-designdocument.pdf>
- The SERT® 2 Metric and the Impact of Server Configuration
<https://www.spec.org/sert2/SERT-metric.pdf>

3.2 アンケート調査票

3.2.1 データセンター業の効率化に係る新たな取組に関するアンケート調査票

図表 3-7 表紙

この度は、「データセンター業の更なる効率化に向けた取組に関するアンケート調査」にご協力いただきありがとうございます。
以下に<回答方法>を記載しておりますので、ご回答の前にご一読頂けますと幸いです。

<回答方法>

■1) 本アンケートの回答は、調査票③を除き、各シートのL列に記入していただきます。
回答を記入していただきますと、セルが白塗りに変わっております。

また、設問は必須回答項目と任意回答項目に分かれています。
必須回答項目は設問の指示に従って必ずご回答いただけますが、
回答が不明な場合や、回答を差し控えたい場合は、「回答不可」と記載の上、可能な範囲で理由をご回答ください。
例：回答不可（〇〇のため）
任意回答項目については、未回答の状態でご提出いただいても問題ございません。

■2) 本アンケートには、選択式設問、自由記述式設問、数値回答式設問があります。

- ・回答方式（K列）に「選択」とある設問は選択式設問です。回答欄のセル右下の▼より、選択肢をご回答ください。
- ・回答方式（K列）に「自由記述」とある設問は記述式設問です。入力制限はございませんので、回答欄に回答をご記入ください。
- ・回答方式（K列）に「数値」とある設問は、数値回答式設問です。半角英数字、該当しない場合は「N」と回答欄に回答をご記入ください。

■3) 本アンケートは、①～④の4つの調査票と、地域区分検索シートがございます。

- ・①事業者の属性情報
- ・②エネルギー使用量等の実態把握
- ・③事業所の属性情報
- ・④今後のデータセンター新設予定
- ・地域区分検索シート（※地域区分検索シートは、調査票③のQ28で、データセンターの所在地を地域区分で表すために用いるシートです。）

各調査票の回答対象は以下の通りです。
調査票①Q14のご入力後、自動的に回答した事業所数分の回答欄が調査票③に表示されるようになっております。
なお、本アンケートでは付帯設備またはIT機器の設置・更新権限を有する全てのデータセンターを調査対象としております。

設問シート	回答対象
①事業者の属性情報 ②エネルギー使用量等の実態把握 ④今後のデータセンター新設予定	一事業者様当たり、一度ご回答ください。
③事業所の属性情報	Q14で回答した2014年以降に竣工したデータセンター、 もしくはそのようなデータセンターにテナントとして入居している事業所について、 一事業所当たり、一列ずつご回答ください。 なお、付帯設備・IT機器共に管理権限*を有していない場合は、回答対象外です。

*設備の設置・更新権限を有すること。自社以外のデータセンターにIT機器を設置する場合も含む。

お気づきの点がございましたら、事務局までお知らせください。
事務局メールアドレス： 2024dc_inquiry@nri.co.jp

(出所) NRI 作成

図表 3-8 調査票①

事業年度の属性情報	項目	Q	設問	▼回答種 (回答を記入すると白塗りになります)		単位		
				回答形式	回答種			
事業者の属性情報 詳しくお答えください。	事業者情報	1	事業者名 (企業名) をお答えください。	自由記述	(必須回答の項目です)	—		
		2	回答者様が所属する部署名をお答えください。	自由記述	(必須回答の項目です)	—		
		3	回答者様が所属する部署の電話番号をお答えください。	自由記述	(必須回答の項目です)	—		
エネルギー情報 該当する事業の期間についてお答えください。 該当しない事業の場合は回答欄に「N/A」とお答えください。 また、回答が不明な場合や、回答を差し控える場合は「回答形式」を「N/A」とお答えください。可能な範囲で理由をお答えください。	主たる事業者区分	4	貴社の主たる事業者区分について、当てはまるものをお答えください。 (面積、ラック数、売上高、契約数等の指標をもとに、一番当てはまる事業形態をご回答ください)	選択	(必須回答の項目です)	—		
		事業形態別エネルギー使用量 (ハウジング事業)	5	ハウジング事業全体のエネルギー使用量は 概ねどの程度でしょうか。	(2021年度)	数値	(必須回答の項目です)	MWh
			6		(2022年度)	数値	(必須回答の項目です)	MWh
			7		(2023年度)	数値	(必須回答の項目です)	MWh
	5-1		▶ ハウジング事業のエネルギー使用量のうち、 【IT機器のエネルギー使用量】は概ねどの程度でしょうか。		(2021年度)	数値	(必須回答の項目です)	MWh
	6-1				(2022年度)	数値	(必須回答の項目です)	MWh
	7-1				(2023年度)	数値	(必須回答の項目です)	MWh
	事業形態別エネルギー使用量 (ホスティング・クラウド (テナント型) 事業)		8		ホスティング・クラウド (テナント型) 事業全体のエネルギー使用量は 概ねどの程度でしょうか。	(2021年度)	数値	(必須回答の項目です)
		9	(2022年度)	数値		(必須回答の項目です)	MWh	
		10	(2023年度)	数値		(必須回答の項目です)	MWh	
		8-1	▶ ホスティング・クラウド (テナント型) 事業のエネルギー使用量のうち、 【IT機器のエネルギー使用量】は概ねどの程度でしょうか。	(2021年度)		数値	(必須回答の項目です)	MWh
		9-1		(2022年度)		数値	(必須回答の項目です)	MWh
		10-1		(2023年度)		数値	(必須回答の項目です)	MWh
	事業形態別エネルギー使用量 (ホスティング・クラウド (オーナー型) 事業)	11	ホスティング・クラウド (オーナー型) 事業全体のエネルギー使用量は 概ねどの程度でしょうか。	(2021年度)	数値	(必須回答の項目です)	MWh	
12		(2022年度)		数値	(必須回答の項目です)	MWh		
13		(2023年度)		数値	(必須回答の項目です)	MWh		
11-1		▶ ホスティング・クラウド (オーナー型) 事業のエネルギー使用量のうち、 【IT機器のエネルギー使用量】は概ねどの程度でしょうか。		(2021年度)	数値	(必須回答の項目です)	MWh	
12-1				(2022年度)	数値	(必須回答の項目です)	MWh	
13-1				(2023年度)	数値	(必須回答の項目です)	MWh	
2014年以降に竣工したデータセンター。もしくはそのようなデータセンターにテナントとして入居している事業所 詳しくお答えください。	事業所数	14	2014年以降に竣工したデータセンター。 おしくは平準化データセンターにテナントとして入居している事業所の数を半角数字で回答してください。 (該当事業所が無い場合は「0」を、回答を控える場合は「99」と回答してください。) ★本設問で回答した事業所数分、調査票3において回答欄が現れます。	数値	(必須回答の項目です)	—		

(出所) NRI 作成

図表 3-9 調査票②

項目	Q	説明	▼回答欄 (回答を記入すると白塗りになります)				
			回答形式	回答欄	単位		
事業者全体	把握が困難な情報項目および情報を有していない理由	データセンターにおけるエネルギー関連情報で把握が困難なものがあるればその理由、どのようなデータセンターで情報を有していないのか等についてお答えください。	データセンターの契約電力量	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
			IT機器の電気使用量	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
			付帯設備の電気使用量	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
			総電気使用量	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
			PUE	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
			エネルギー消費原単位の指標(省エネ法定報告書で用いているもの)	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
			エネルギー消費原単位の5年度推移	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
			エネルギー消費原単位の年間改善率	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
			設備稼働率	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
			ハウジング事業を営んでいる事業者向け：テナント利用分の使用量の状況・把握方法	テナント利用分のIT機器のエネルギー使用量の把握有無	16	IT機器のエネルギー使用量(テナント利用分)の把握実態をお答えください。	選択
テナント利用分のIT機器のエネルギー使用量の把握方法	16-1	▶ [Q16で「把握している」とご回答された場合] IT機器のエネルギー使用量(テナント利用分)の把握方法をお答えください。		選択	(任意回答の項目です)	—	
テナント利用分のIT機器エネルギー使用量の合計	16-2	▶ [Q16で「把握している」とご回答された場合] IT機器のエネルギー使用量(テナント利用分)の合計(kWh)は概ねどの程度でしょうか。		数値	(任意回答の項目です)	kWh	
該当する事業の設備についてお答えください。該当しない事業の場合は回答欄に「N」とお答えください。	テナント利用分の付帯設備のエネルギー使用量の把握有無	17		付帯設備のエネルギー使用量(テナント利用分)の把握実態をお答えください。	選択	(任意回答の項目です)	—
テナント利用分の付帯設備のエネルギー使用量の把握方法	17-1	▶ [Q17で「把握している」とご回答された場合] 付帯設備のエネルギー使用量(テナント利用分)の把握方法をお答えください。		選択	(任意回答の項目です)	—	
テナント利用分の付帯設備のエネルギー使用量の合計	17-2	▶ [Q17で「把握している」とご回答された場合] 付帯設備のエネルギー使用量(テナント利用分)の合計(kWh)は概ねどの程度でしょうか。		数値	(任意回答の項目です)	kWh	
テナント型データセンターを持つ事業者向け：テナント利用状況の実態	テナント型データセンターの全設置数	18	テナント型データセンターの全設置数(箇所)をお答えください。	数値	(任意回答の項目です)	箇所	
	サーバ室の総面積	19	サーバ室の総面積(m ²)をお答えください。	数値	(任意回答の項目です)	m ²	
	総電力使用量	20	総電力使用量(kWh)をお答えください。	数値	(任意回答の項目です)	kWh	
	テナント利用分のIT機器のエネルギー使用量の把握有無	21	IT機器のエネルギー使用量(テナント利用分)の把握実態をお答えください。	選択	(任意回答の項目です)	—	
	テナント利用分のIT機器のエネルギー使用量の通知有無	21-1	▶ [Q21で「把握している」とご回答された場合] IT機器のエネルギー使用量(テナント利用分)の通知の有無をお答えください。	選択	(任意回答の項目です)	—	
	テナント利用分のIT機器のエネルギー使用量の把握方法	21-2	▶ [Q21で「把握している」とご回答された場合] IT機器のエネルギー使用量(テナント利用分)の把握方法をお答えください。	選択	(任意回答の項目です)	—	
	テナント利用分の付帯設備のエネルギー使用量の把握有無	22	付帯設備のエネルギー使用量(テナント利用分)の把握実態をお答えください。	選択	(任意回答の項目です)	—	
	テナント利用分の付帯設備のエネルギー使用量の通知有無	22-1	▶ [Q22で「把握している」とご回答された場合] 付帯設備のエネルギー使用量(テナント利用分)の通知の有無をお答えください。	選択	(任意回答の項目です)	—	
テナント利用分の付帯設備のエネルギー使用量の把握方法	22-2	▶ [Q22で「把握している」とご回答された場合] 付帯設備のエネルギー使用量(テナント利用分)の把握方法をお答えください。	選択	(任意回答の項目です)	—		
ダイヤモンド・レスポンス(DR)の取組状況	DRの取組有無	23	DRにおいてDRの取組を行っていますでしょうか。	選択	(必須回答の項目です)	—	
	[Q23で「はい」とご回答された場合] DRの取組状況	DRを行う際の必要シフトさせる情報処理の内容をお答えください。	24-1	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
		DRを行う際の必要シフトの方法(場所又は時間の変更など)をお答えください。	24-2	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
		下打り量[kWh]は概ねどの程度でしょうか。	24-3	数値	(任意回答の項目です)	kWh	
		上打り量[kWh]は概ねどの程度でしょうか。	24-4	数値	(任意回答の項目です)	kWh	
		需給調整市場約定量[kWh]は概ねどの程度でしょうか。	24-5	数値	(任意回答の項目です)	kWh	
		DRを行っている区における総電気使用量[kWh]は概ねどの程度でしょうか。	24-6	数値	(任意回答の項目です)	kWh	
	DRの取組可能性	DRにおける今後のDRの実施可能性をお答えください。	25-1	選択	(任意回答の項目です)	—	
		▶ [Q25-1で「可能性はある」とご回答された場合] DRの実施を可能とするために必要となる事項をお答えください。	25-2	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
		▶ [Q25-1で「可能性はある」とご回答された場合] DRを行う場合に必要シフトさせる情報処理の内容をお答えください。	25-3	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
		▶ [Q25-1で「可能性はある」とご回答された場合] DRを行う際の必要シフトの方法(場所又は時間の変更など)をお答えください。	25-4	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
		▶ [Q25-1で「可能性はない」とご回答された場合] DRの実施が困難な理由をお答えください。	25-5	自由記述	(任意回答の項目です)	—	
DRの取組実施状況	26	情報処理需要全体に占める場所や時間等の必要シフトができる可能性のある性質の情報処理について、おおよその割合[%]を整数でご回答ください。(不明な場合や、回答を控えた場合は、「999」とご回答ください。)	数値	(必須回答の項目です)	%		
その他実施している電力需要を平準化する取組がありましたらご回答ください。	27	自由記述	(任意回答の項目です)	—			

(出所) NRI 作成

図表 3-10 調査票③

※調査票③は、調査票④⑤で回答した事業所数分、回答が必要です。

事業所1	項目	設問	事業所1			
			回答欄	単位		
事業所名 以下は必ず回答した方にお答えください	28	事業所名（データセンター名称）をお答えください。 なお、回答が難しい場合は取替でも問題ございません。	自由記述	（必須回答の項目です）	—	
	29	付帯設備のエネルギー管理権限	選択	（必須回答の項目です）	—	
	30	IT機器のエネルギー管理権限	選択	（必須回答の項目です）	—	
	31	データセンターの建物が竣工した年・月をお答えください。 回答例：2020/1	選択	（必須回答の項目です）	年・月	
	31-1	▶【オーナー向け】データセンター稼働開始年・月をお答えください。 回答例：2020/2	選択	（必須回答の項目です）	年・月	
	31-2	▶【テナント向け】テナントとして入居した年・月をお答えください。 回答例：2020/3	選択	（必須回答の項目です）	年・月	
	32	別シートの『地域区分検索シート』を用い、データセンターの所在地区分を可能な範囲でお答えください。	選択	（任意回答の項目です）	—	
	33	サービス安定性（JDX(ファシリティスタンダード)について、最も当てはまる選択肢をお答えください。）	選択	（必須回答の項目です）	—	
	34	アウトソーシングサービス（ミドルウェア、アプリケーション部分までを運用対象とするサービス）も実施しているデータセンターでしょうか。	選択	（必須回答の項目です）	—	
	35	アウトソーシングサービスの提供にあたり、必要となるオフィススペースの併設有無について、ご回答ください。	選択	（必須回答の項目です）	—	
データセンターに関する情報 以下は必ず回答したデータセンターについてお答えください	36	当該データセンターの事業形態別の割合は概ねどの程度でしょうか。 また、どのような指標（面積、ラック数、売上高、契約数等）をもとに割合を算出したか、併せてご回答ください。	ハウジング	選択	（任意回答の項目です）	%
			ホスティング・クラウド（テナント型）	選択	（任意回答の項目です）	%
			ホスティング・クラウド（オーナー型）	選択	（任意回答の項目です）	%
			自由に用いた指標	自由記述	（任意回答の項目です）	—
	37	当該データセンターの用途について、選択肢のうち、おてはまる用途に「○」を記入してください。（複数回答可） なお、「その他」をご選択された方は、下の自由記述欄に詳細をご記入ください。	①クラウド	選択	（任意回答の項目です）	—
			②AI	選択	（任意回答の項目です）	—
			③他社システム	選択	（任意回答の項目です）	—
			④自社システム	選択	（任意回答の項目です）	—
			⑤その他	選択	（任意回答の項目です）	—
			（自由記述欄）	自由記述	（任意回答の項目です）	—
38	データセンターのサーバー室面積（㎡）をお答えください。 （不明な場合や、回答を控えたい場合は、「999999」とご回答ください。）	選択	（必須回答の項目です）	㎡		
39	データセンターの稼働サーバー室面積（㎡）をお答えください。	選択	（必須回答の項目です）	㎡		
40	データセンターの設置可能ラック数をお答えください。	選択	（任意回答の項目です）	ラック		
41	データセンターの契約（使用）ラック数をお答えください。	選択	（任意回答の項目です）	ラック		
42	データセンターの設備稼働率（年度平均）は把握未定をご回答ください。 なお、設備稼働率とは、平均の使用電力（kW）を最大受電容量で除したものの、平均の使用電力量は総電力使用量を、100で割った値、最大受電容量は、DCの設計上の最大の受電可能量を指します。		選択	（必須回答の項目です）	—	
		（2021年度）	選択	（任意回答の項目です）	%	
		▶ データセンターの設備稼働率（年度平均）は概ねどの程度でしょうか。 （2022年度）	選択	（任意回答の項目です）	%	
		（2023年度）	選択	（任意回答の項目です）	%	
43	【注】「把握していない」および「回答された場合」 設備稼働率以外で把握している稼働率があればその算出式をお答えください。		自由記述	（任意回答の項目です）	—	
		▶ 【注】「把握していない」および「回答された場合」 データセンターの稼働率（年度平均）は概ねどの程度でしょうか。 例：実際に稼働しているサーバーールーム面積（㎡）/全サーバーールーム面積（㎡）×100 （2021年度）	選択	（任意回答の項目です）	%	
		（2022年度）	選択	（任意回答の項目です）	%	
		（2023年度）	選択	（任意回答の項目です）	%	
エネルギー使用の状況 以下は必ず回答したデータセンターについてお答えください	44	総電力使用量（MWh）は概ねどの程度でしょうか。	選択	（任意回答の項目です）	MWh	
	44-1	▶ IT機器の電力使用量（MWh）は概ねどの程度でしょうか。	選択	（任意回答の項目です）	MWh	
	44-2	▶ 付帯設備の電力使用量（MWh）は概ねどの程度でしょうか。	選択	（任意回答の項目です）	MWh	
	45	データセンターの設計PUEを小数点2桁までお答えください。 （不明な場合や、回答を控えたい場合は、「999」とご回答ください。）	選択	（必須回答の項目です）	—	
	46	データセンターの実績PUE（年度平均）を小数点2桁までお答えください。 （不明な場合や、回答を控えたい場合は、「999」とご回答ください。）	（2021年度）	選択	（必須回答の項目です）	—
			（2022年度）	選択	（必須回答の項目です）	—
			（2023年度）	選択	（必須回答の項目です）	—
	47	2023年度の契約電力（kW）は概ねどの程度でしょうか。	選択	（任意回答の項目です）	kVA	
48	2023年度の平均使用電力（kW）は概ねどの程度でしょうか。	選択	（任意回答の項目です）	kVA		

注：回答欄は事業所 25 まで存在する。

（出所）NRI 作成

3.2.2 ネットワークセンター等のベンチマーク制度対象化に関するアンケート調査票

図表 3-12 調査票(1/3)

移動体通信事業者様向け設問

本設問は事業者様につき一回ご回答いただくものになります。
回答ができない設問については空欄のまままで問題ございません。

問 1 ご回答いただく方のご所属・部署等について、下表にご回答ください。

事業者名		
産業分類番号 細分類番号(4桁) [※]		
連絡先	部署名 (可能な限り詳細にご記入ください)	
	メールアドレス	

※ 定期報告における特定第3表で記載している細分類番号のうち、通信用途の施設のエネルギー使用量を含む事業についての細分類番号をご回答ください。

現在、大規模な局舎等にすぐ導入可能なベンチマーク指標の設定は難しいとの考えから、エネルギー使用量の過半数を占める「**基地局**」において、「**移動体通信のトラフィック量あたりの基地局におけるエネルギー使用量**」を指標とすることを検討しております。以降の設問では、ベンチマーク指標の具体化に向けて、**基地局**に関する状況をお伺いするものになります。

問 2 <[対象]エネルギー管理権原を有している“全ての基地局”>
 移動体通信事業において、基地局におけるエネルギー使用効率を評価する指標となるものが有るかを調査するため、基地局のエネルギー使用量をご回答ください。
 (年度による違いについても分析を行うため、5カ年分ご回答をいただけますと幸いです)

すべての基地局の所有数と総エネルギー使用量	2023年度		施設		MWh
	2022年度		施設		MWh
	2021年度		施設		MWh
	2020年度		施設		MWh
	2019年度		施設		MWh

上記について、基地局の設置場所・目的別の内訳についてご教示ください。

ショッピングセンター等に設置し、設置施設等の内部での通信のために設置している基地局

該当する基地局の 所有数と総エネルギー使用量	2023年度		施設		MWh
	2022年度		施設		MWh
	2021年度		施設		MWh
	2020年度		施設		MWh
	2019年度		施設		MWh

その他の基地局 (屋外等に設置している基地局)

該当する基地局の 所有数と総エネルギー使用量	2023年度		施設		MWh
	2022年度		施設		MWh
	2021年度		施設		MWh
	2020年度		施設		MWh
	2019年度		施設		MWh

問 3 「基地局におけるエネルギー使用量」の把握状況についてご回答ください。
 年度によって実態が異なる場合、2023年度の実態についてご回答ください。
 ※正確な数値のご回答が難しい場合、おおよその値をご回答いただけますと幸いです。

実績値で基地局におけるエネルギー使用量を把握している基地局	基地局数		施設
	総エネルギー使用量		MWh
推計値で基地局におけるエネルギー使用量を把握している基地局	基地局数		施設
	総エネルギー使用量		MWh
エネルギー使用量を推計している基地局がある場合 具体的な推計方法をご回答ください			

図表 3-13 調査票(2/3)

本設問の回答が難しい場合、その理由を具体的に回答ください。	
-------------------------------	--

問 4 移動体通信における月間平均トラフィック量（上下合計）をご回答ください。

※ 総務省で集計している定義に基づいてご回答ください。（中継バケット交換機（GGSN/EPC）相当にて、上り・下り別、1ヶ月間、1時間単位で計測し、集計）
 参考： <https://www.soumu.go.jp/ohotsusintokei/field/data/qt010602.pdf>

中継バケット交換機 相当 計測年月	2023年度		月
	2022年度		月
	2021年度		月
	2020年度		月
	2019年度		月
中継バケット交換機 相当 月間平均トラフィック量（上下合計）	2023年度		Gbps
	2022年度		Gbps
	2021年度		Gbps
	2020年度		Gbps
	2019年度		Gbps

本設問の回答が難しい場合、その理由を具体的に回答ください。	
-------------------------------	--

問 5 MEC等で処理され、中継バケット交換機相当で把握できないトラフィック量の影響について調査したく、「**基地局**」レベルで計測しているトラフィック量の合計についてご回答ください。

※ 問 4 でご回答いただいた、「総務省で集計している定義」の中継バケット交換機（GGSN/EPC）相当を「**基地局**」に読み替えてご回答ください。
 参考： <https://www.soumu.go.jp/ohotsusintokei/field/data/qt010602.pdf>

基地局測定値の合計 計測年月	2023年度		月
	2022年度		月
	2021年度		月
	2020年度		月
	2019年度		月
基地局測定値の合計 月間平均トラフィック量（上下合計）	2023年度		Gbps
	2022年度		Gbps
	2021年度		Gbps
	2020年度		Gbps
	2019年度		Gbps

本設問の回答が難しい場合、その理由を具体的に回答ください。 一部の基地局で把握が難しい等ございましたら本欄にてあわせてご教示ください。	
--	--

問 6 事業者間で、冗長性の確保やサービスレベル等に関する考えが異なるのではないかとご指摘も頂いており、「移動体通信のトラフィック量あたりの基地局のエネルギー使用量」に何らかの「補正」を行ううえで指標にすることも検討しております。補正に用いる値の候補についてご回答ください。

基地局におけるカバー面積の合計 （補正係数の候補）	2023年度		km ²
	2022年度		km ²
	2021年度		km ²
	2020年度		km ²
	2019年度		km ²

※ 各基地局のカバー範囲の面積を全基地局分合計したもの
 冗長性確保のため、1地域を複数の基地局でカバーしている等があれば、エネルギー使用量に影響を与えるのではないかとこの観点でお伺いしております。

上記の回答が難しい場合、その理由を具体的に回答ください。	
------------------------------	--

貴社における冗長性確保の方法について、可能な範囲でご回答ください。	
-----------------------------------	--

冗長性・サービスレベルに関して補正を行うことに関して、ご意見がございましたらご教示ください。	
--	--

(出所) NRI 作成

図表 3-14 調査票 (3/3)

例1：事業者によって状況が異なるため、●●を補正係数とすることが望ましい 例2：冗長性による影響は小さく、補正を行うことで指標が複雑となるため、補正しないことが望ましい	
---	--

問 7 自社の設備を活用しているMVNO事業者の割合が、指標に与える影響を評価するため、MVNO事業者の状況についてご教示ください。

貴社回線を利用しているMVNO事業者数			社
契約者数	貴社の回線を利用しているMVNO事業者の契約回線数		回線
	貴社が直接提供している回線による契約回線数		回線

問 8 その他、「移動体通信のトラフィック量あたりの基地局のエネルギー使用量」を指標にするにあたり、補正を行うべき事項等がございましたら、**具体的な補正に用いる指標の候補も含めて**ご回答ください。

-----以上-----

(出所) NRI 作成