

# 北欧のデータセンター 産業に教わる10の学び

Juha Saunavaara  
Antti Laine  
Christiane Ulriksen  
Wes Vermeere  
柳川 直隆  
森太郎



---

データセンターはサイバー空間と物理的空間の交差点として、現代社会に欠かせない重要なインフラの一部であり、グリーントランスフォーメーション（GX）やデジタルトランスフォーメーション（DX）において重要な役割を果たしている。それをささえるデータセンター産業も、急速な成長と国際化が進んでいる。データセンターは大量の電力を消費する施設だが、計画によってはエネルギーの削減にも貢献することができる。そのような施設はソフトウェアとハードウェアを一箇所で集中的かつ効率的に使用できる設計となっており、小負荷で稼働する処理能力とサーバーを不適切な場所に分散させる場合と比較して遥かにエネルギー消費量が少ない。人工知能（AI）のアプリケーションと作業負荷を支えるインフラや計算処理需要に応えられる施設が急速に発展した影響については分析されていないが、効率的なソリューションの革新と実装、そして賢い立地選択により、データセンターの全体的なエネルギー消費量が予想よりも増えていないことは指摘に値する。産業の成長に伴って大きなデータセンタークラスターが発展し、その一部は北方の寒冷地域に出現している。

過去10年から15年にわたり、北欧諸国はデータセンターの誘致に多額の投資を行い、持続可能な解決策、効率的な技術、野心的な規制の枠組みを牽引する存在となった。データセンターは新たな基幹インフラとして進化し、地域に長らく存在するエネルギー集約型産業を補完することになった。北欧のデータセンター市場はFLAPDs（フランクフルト、ロンドン、アムステルダム、パリ、ダブリン）を除くヨーロッパで最大の規模であり、急速に成長している。本報告書では北欧のデータセンター市場における近年と現在の成長を分析し、最新の洞察と実用的な提言を行う。本研究は日本、特に北欧諸国と環境や社会の特徴が類似した北海道を念頭において行ったが、所見や提言の多くは、他の地域でも応用できると考えられる。

---

---

## その1：持てる強みを活かす

データセンターが消費する総エネルギーのうち、冷房と換気が占める割合は通常30%から55%である。外気温の低さを利用して冷房の使用を抑える発想は以前からあり、北欧諸国のような寒冷地が直接、間接外気冷房システムの開発に有利な立場にあることは、これまでも認識されてきた。しかし、北欧諸国はこうした自然の利点に単に頼るだけではなかった。冷房とエネルギー効率の研究開発は世界的に行われてきたが、北欧は寒冷な気候の活用に焦点を当てた研究のパイオニアである。業界が部分的に液冷技術にシフトしても、寒冷地としての重要性が薄れることはない（詳細は「その3」を参照）。冷却プロセスにおいては寒冷な空気のほか、豊富な冷水（海水）資源も利用されてきた。電源の確保と電気料金に関する問題は、運用コスト、収益性、期待される投資収益率に大きく影響するため、データセンターの立地を決定する上で極めて重要だ。北欧のようなエネルギー生産地域における電力使用は、コスト削減に加え環境にとっても有益だ。不要な送電で発生する電力の損失を避けられるほか、データ転送インフラの構築は送電インフラの構築よりもはるかに安価であり、大幅な節約になる。北欧の一部の国ではエネルギーの生産と消費で地域的な不均衡が問題になっているが、データセンター事業では余剰電力が利用可能な地域を特定し、活用ができています。

## その2：データセンターのエコシステム全体の開発

データセンター産業は孤立した業界ではない。発電所、送電網、光ケーブル、地域熱供給網、廃熱の引取先まで、様々な産業やそれを支えるインフラと相互に繋がっている。データセンター産業の需要や、他の業界と地域経済の発展に寄与する方法を理解するには、こうした相互関係を考慮する必要がある。北欧諸国は、非常に競争力のある価格での再生可能エネルギーの供給、国内送電網の高度な発達で知られている。元来、こうした送電網の信頼性は無停電の電力供給が欠かせない他の電力集約型産業を支えられるよう設計されていることが多いため、例えばデータセンターでは予備の発電機への投資を抑えることができた。北欧諸国の特徴は自然条件に左右される再生可能エネルギー生産と、柔軟な予備電源の必要性だと認識されている。こうした国々のデータセンターは、サービス中断時に一時的に送電網から切り離すことで国内送電網を支援し、収益を上げることができる。支援に資する調整機能の整備に加え、データセンターが国や地域のエネルギー需給システムに統合されている点も、北欧諸国の研究開発活動における大きな特徴である。北欧諸国のインフラ資産は、単なる発電と配電にとどまらない。地域熱供給網はデータセンターの中核機能と直接結びついているわけではないが、データセンターのコスト効率と環境配慮の向上に貢献できる。

## その3：「廃熱」は存在しない

データセンターは電力を消費し、処理能力と熱に変換する。この時の熱を誤って「廃熱」と呼ぶことがある。「廃」という字が当てはまる文脈もあるかもしれないが、低品位熱（通常は摂氏30~40度、特に液体冷却を使用していると40度以上になることもある）は必要に応じてヒートポンプで回収して高温にすることができ、北欧諸国では長い間、貴重な資源として認識されてきた。データセンターから排出される熱を再利

用する取り組みは他の地域でも行われているが、北欧では地域熱供給網が高度に発達しているため、特にフィンランド、スウェーデン、デンマークでは費用対効果の高い方法で大規模に利用できる。北欧の多くの関係者はセンターから出される熱の温度を上げる工夫に加え、ヒートポンプの効率向上、低温の熱の活用に適した地域熱供給網の開発にも取り組んできた。北欧のモデルは地域熱供給による再利用の代表的な例となりうるが、こうしたインフラがない地域にとっても有望な例を示している。データセンターで発生する熱の再利用には、他にも温室、養殖場、バイオマス乾燥などが考えられる。こうした事業を大規模に行うには、地域熱供給を基盤としたモデルより時間を要しているが、北欧諸国では、コンセプト開発やパイロット事業から自立したベンチャー事業へと徐々に移行しつつある。また、規制の枠組みや公共政策が企業に対して熱の再利用の可能性を模索するよう最低限の義務を課し、より広範な脱炭素化プロセスの重要な一部として熱の再利用を支持する姿勢を育んできたことで、業界をより持続可能な実践へと導き、また後押ししてきたことも注目に値する。

#### その4：秘めたる資産を知り、活かす

北欧のデータセンターの中には、地域の過去の経済活動が行われた建物や産業立地に置かれたものもあるが、過去と現在のつながりは、単に既存施設の再利用や転換に留まらない。注意を払うべきは社会的慣行、知識の蓄積と移転、そして新たな産業活動の発展を促進しうる既存の施設である。つまり、北欧におけるデータセンター産業の急成長は数十年前に確立されたインフラや、これまでの経済活動や産業を支え、そこから生まれた地域の専門知識や協力体制と密接に結びついている。地域熱供給網、データセンターに転換できる古い製紙工場や鉱山、関連スキルを持つ労働力を集めたエネルギー集約型産業がない地域でも、別の価値ある資産や強みを持っているかもしれない。北欧のデータセンター産業の成功から学ぶべきは、自分の地域や国に隠れている資産を見つけ出し、賢く活用することで産業の発展に寄与できないか再考することである。

#### その5：接続の問題

データセンターと光ケーブルは、国際的な通信網と現代社会に欠かせない2本のインフラの柱である。また、データセンターと光ケーブル網の発展は密接に関係している。ネットワークの冗長化と回復力の確保のため、国際的な接続性があること、データセンターの敷地に複数の光ケーブルが到達することは、立地の決定において重要な要因である。北欧の伝統的な輸出産業の多くは、世界の市場や顧客から地理的に遠いことがしばしば課題となってきた。しかし、データセンター業界における距離はキロメートルではなく、レイテンシ（ミリ秒）で測られる。北欧の関係者は伝統的に、中欧と互いに十分な接続を確保してきた近年の開発事業により米国と英国への光ケーブルの直接接続が改善され、ノルウェーのデータセンター産業の成長に劇的な効果をもたらしたことは、国際的な接続の重要性をさらに浮き彫りにしたといえる。現在、北極海を経由する海底ケーブルで北欧諸国と日本および北米を結ぶ事業が進行中であり、北欧諸国の官民の関係者が重要な役割を担っている。本事業は海底ケーブル網の国際的なトポロジーにおいて大きな影響を与えると予想されている。

---

## その6：用地開発と適切なプロモーションが成功の鍵

データセンターへの新規投資誘致に向け、国際的に取り組む国や地域の活動主体もいる。手ごろな価格で光ファイバーに接続できる用地や豊富なグリーンエネルギー資源は、出発点としては優れている、しかし、国や地域の提供する機会が潜在的な投資家に知られていないならば、それだけでは不十分だ。北欧の多数の成功事例が強調するのは、個々の用地の事前開発において鍵となる詳細な情報を全て提供できる包括パッケージの重要性だ。しかし、特に新規または新興のデータセンター市場においては、適切な属性の企業や投資家の誘致に必要な（しばしば長期的な）作業を見落としはならない。新しいことを始めたり、新しい場所で事業を立ち上げたりすると、チャンスと不確実性の両方がもたらされる。より経済的で環境にやさしい選択肢が別の場所に存在する場合でも、IT機器を自分の近くに置きたがる経営者（いわゆるサーバー・ハガー）は依然として存在するかもしれないが、北欧の関係者は自分たちが提供できる機会について多数の国際企業をうまく説得してきた。その過程には、イノベーション、貿易、投資を促進する地方自治体や国家機関のほか、民間企業や活発なデータセンター協会など、様々な主体が関与している。データセンター産業の発展は技術的、経済的、環境的な計測可能な数値だけでなく、最終的に人間の認識や態度にも左右される。

## その7：研究開発や業界横断的な協力事業への投資

北欧諸国をはじめとする北方地域に立地するデータセンターのエネルギー効率の高さは寒冷な気候によるところもあるが、様々な研究開発活動の役割も強調に値する。北欧諸国で実施された研究の多くは、その時々 conditions に焦点を当ててきた。つまり、冷却のために寒冷地利用を、熱再利用のために地域熱供給網の活用を、デマンドレスポンス（需要応答）のために発電と送電網の特性の活用を、というように学術研究と企業主導の研究開発の両方が探求してきた。データセンターに関する研究は、既存の知識基盤の上に構築されてきた。データセンターの研究に携わる研究者や、データセンターで働き始めた職員は、建築、建設、防火、配電、エネルギーシステム、ソフトウェア開発など幅広い分野の専門家だ。北欧諸国では大学、応用科学大学、専門学校、研究機関、民間企業、様々なレベルの政府機関が分野を超えた協力関係を築き、先進的な研究インフラ（スウェーデンのルレオにあるRISE ICEデータセンターなど）の設立や、将来この業界で働く人材を育成するためのオーダーメイド研修プログラムを推進している。

## その8：高度人材にとって魅力的に映るようにする

近年のデータセンター業界が急速な成長を遂げる中、世界的な人材獲得競争が激化している。業界の需要に対応する教育システムを準備することもできるが、新たな教育プログラムの整備には、その必要性に対する同意と資金を獲得できた場合でも、時間がかかる。業界の急成長により、適切なスキルセットを持つ人材を域外から呼び込む能力が必要になるかもしれない。この能力は、例えば家族の雇用機会、子供が通える学校の有無、外国人材向け福利厚生といった問題と関連してくる。多数の北欧企業にとって馴染みの深い潜在的な業界間の人材の流動性、知識の移転やイノベーションを

---

---

促す地元企業間の人材の流動性は、データセンター業界の発展においても有益だ。とはいえ、高度な技術を獲得した労働者が資格を取得し、国内外の労働市場で魅力的な人材となった途端に地域を離れてしまう事態は避けなければならない。北欧諸国は解決策のほか、北方の様々な地域が直面する労働力不足や人材確保の課題の事例も示している。

## その9：地域住民や意思決定者の支持を得ること

政治的決定はデータセンターへの投資を保証するものではないが、成功の可能性を高めることもあれば、競争力にマイナスの影響を与えることもある。国やEUの規制により、地域主体が投資誘致を競う際に用いるインセンティブや積極的プロモーション活動の一部が制限されている。しかし、データセンターが支払うエネルギー税の水準に関する国の規制を比較すると、北欧諸国の魅力を語る上で重要な役割を果たしていることが分かる。データセンター産業の誘致と発展に自治体が関与する事例として、自治体によるインフラ整備支援のほか、柔軟なゾーニングと土地の価格設定が挙げられる。多くの国や地域がデータセンター投資を積極的に誘致しようとしている一方で、国際的には地域の支援を当然と見なすべきではないことを強調する事例もある。例えばオランダやシンガポールでは政府がデータセンターの新規建設を一時的に停止するなど、世界各地で個別のプロジェクトに抵抗する地域運動が勃興している。新たなデータセンター投資を呼び込もうとする当局の試みは多くの市民の間で好意的に受け止められているが、北欧諸国の一部では抗議運動や批判的な声も出始めている。さらに、再生可能エネルギーの資源が豊富な自治体で地域経済の観点から様々なエネルギー集約型産業の是非を比較すると、必ずしもデータセンター産業が最も好ましい選択肢となるわけではない。北欧諸国はデータセンター産業のニーズと提案を地域社会にうまく伝えられている事例であり、地域からの支援を当然と見なすべきではない。

## その10：規制は厳しい方が良い

EUも北欧諸国も、データセンターの二酸化炭素排出量と環境持続可能性に関して率先して厳しい規制を導入してきた。こうした規制は、北欧諸国のデータセンターに新たな作業と負担を強いる一方で、中欧などの地域と比較して大きな競争優位性をもたらしている。エネルギー効率も、余熱の再利用も、一般的に北部の方がより容易かつ安価に厳しい要件を満たすことができる。競争上の優位性として持続可能性が認識されるにつれ、データセンター業界では既存の規制の要求を上回る方針を積極的に推進してきた。北欧ではグリーン電力証書を販売する国もあり、収益源となっているが、同時に中欧のデータセンターによる持続可能性の主張が可能となり、北欧のデータセンターの実際の競争上の優位性が曖昧になっている。しかし、北欧には再生可能エネルギー100%に取り組む企業が常に電力供給源を確認できるような追跡システムを開発したパイオニアになっている企業もある。将来的にはこうしたシステムが世界的な業界標準となり、透明性が高まることが期待されている。

あわせて読む：

---

- 
- Datacenter Forum. (2025). Latest data center news. <https://www.datacenter-forum.com>
- D.C. Byte. (2022). The Nordics: Comparison with FLAPDs and the Rest of Europe. <https://www.dcbyte.com/market-spotlights/the-nordics-comparison-with-flapds-and-the-rest-of-europe/>
- Derrick, M. (2023). The Nordics: a leading sustainable data centre destination. Data Centre Magazine. <https://datacentremagazine.com/articles/the-nordics-a-leading-sustainable-data-centre-destination>
- Huang, P., Copertaro, B., Zhang, X., Shen, J., Löfgren, I., Rönnelid, M., Fahlen, J., Andersson, D., & Svanfeldt, M. (2020). A review of data centers as prosumers in district energy systems: Renewable energy integration and waste heat reuse for district heating. Applied Energy, 258, 114109. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114109>
- Hyvönen, J., & Syri, S. (2022). Efficient solar PV integration to data centers in a Nordic climate. International Conference on the European Energy Market, EEM, vol. 2022- Septe, 2022. <https://doi.org/10.1109/EEM54602.2022.9921131>.
- Hyvönen, J., Mori, T., Saunavaara, J., Hiltunen, P., Pärssinen, M. & Syri, S. (2024). Potential of solar photovoltaics and waste heat utilization in cold climate data centers. Case study: Finland and northern Japan. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 201, 2024, 114619. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114619>.
- Middleton, A., & Rønning, B. (2020, May 28). Data centers as critical infrastructure in the Arctic. High North News. <https://www.highnorthnews.com/en/data-centers-critical-infrastructure-arctic>
- Moss, S. (2024). Iceland's AI moment. <https://www.datacenterdynamics.com/en/analysis/icelands-ai-moment/>
- Nordic Council of Ministers. (2018). Data centre opportunities in the Nordics. An analysis of the competitive advantages. TemaNord 2018: 553. <https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1263485/FULLTEXT02.pdf>
- RISE. (2023). Energy Use in Data Centers and Digital Systems. RISE report 2023:36. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1742192/FULLTEXT01.pdf>
- Saunavaara, J., Laine, A., & Salo, M. (2022). The Nordic societies and the development of the data centre industry: Digital transformation meets infrastructural and industrial inheritance. Technology in Society, Vol. 69, 2022, 101931. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101931>
- Saunavaara, J. & Laine, A. (2021). Research, Development, and Education: Laying Foundations for Arctic and Northern Data Centers. Arctic and North, 42. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2021.42.145
- Samfunnsøkonomisk Analyse AS. (2024). Economic ripple effects of the Norwegian data center industry, Report no. 33-2024. <https://static1.squarespace.com/static/6129463e215bea534c574c7f/t/67920db514bdd95272d0f141/1737625016125/R33-2024+Economic+ripple+effects+of+the+Norwegian+data+center+industry.pdf>

### Authors:

Juha Saunavaara、北海道大学

Antti Laine、Sweco社・Åbo Akademi大学・フィンランドデータセンター協会

Christiane Ulriksen、UBSC Datacenter Forum Nordic、ノルウェーデータセンター産業協会

Wes Vermeere、Datacenter Forum Nordic

柳川直隆、株式会社フラワーコミュニケーションズ

森太郎、北海道大学

### 謝辞：

「Future Earth・SDGsへの貢献のための北極域研究拠点の構築」プロジェクト及び北海道大学北極域研究センタータスクフォース「Sharing best practices and developing energy efficient and sustainable Arctic and northern data centers」。

Photo by Tobias Bjørkli (<https://www.pexels.com/photo/village-on-lakeshore-in-norway-4654547/>) and Brett Sayles (<https://www.pexels.com/photo/server-racks-on-data-center-4508751/>)

---

---