

AI時代の持続可能な材料選択

Tshilidzi Marwala, United Nations University, Tokyo, Japan

政策関係者のための要点

- 従来、物理的な物を作るための材料を選択する際にはコストと性能のバランスを考慮する必要があった。しかし今は、倫理的義務と現実的な必要性から、3つ目の要素、すなわち持続可能性を考慮しなければならない。
- AIの活用においても、持続可能な材料選択を組み込まなければならない。そのためには、エネルギー消費の問題だけでなく、コンピューティングデバイスに使用される材料の環境的、社会的影響にも注目する必要がある。
- レアアースのような有限な資源の調達が倫理的に行われるようにするとともに、リサイクルを強化し、代替材料を模索していかなければならない。
- そのためには、持続可能な材料選択を促進するためのインセンティブ作り、専門的訓練、規制、協力事業を拡大する必要がある。

はじめに

物理的な物を作るための材料の選択は、これまで、性能とコストという2つの主要事項を検討することによって行われてきた¹。材料の技術的性能とコストのバランスをとるということである。しかし近年、3つ目の重要な検討事項が浮上してきた。それは持続可能性である。

適切な材料の選択は、持続可能な消費と生産を実現するうえで欠かせない。持続可能な材料の使用を促進するためには、カーボンクレジットなどのさまざまな政策メカニズムを活用できる²。

しかし、人工知能（AI）が世界全体の経済活動においてますます大きなシェアを占めつつある今、急速なイノベーションを求める声に押されて持続可能な材料選択が軽視されることのないようにするために、新しい取り組みが必要となる。

材料選択の持続可能性

2015年にすべての国連加盟国によって採択された17の持続可能な開発目標（SDGs）は、開発についての全く新しい考え方を示し、意思決定プロセスの中心に持続可能性を据えることを目指している。持続可能性を追求するこのアプローチは、あらゆる産業、建設、生産において使用される材料の選択に適用される。とくにSDGsの目標12は、グローバルなマテリアルフットプリント（消費される天然資源量）の削減、持続可能な材料選択の推進、および、廃棄物の発生抑制、リデュース、リサイクル、リユースを通じた廃棄物の削減などにより、持続可能な生産消費形態を確保することを目指している³。

したがって、持続可能な材料選択のアプローチをとるためには、意思決定者は目の前の性能やコスト削減の先を見据えなければならない⁴。さらに、全体的なマテリアルフットプリントと使用される材料の長期的な環境影響を考慮することが不可欠となる⁵。そのためには、環境への影響、再生可能性、リサイクル可能性、リユース可能性に基づいて材料を評価しなければならない⁶。エンジニアリング、設計、建設の専門家の持続可能性に関する意識を高めるためには教育と訓練が不可欠であり、これを実行することで、専門家は持続可能な材料を取り入れるために必要な知識やスキルを身に付けることができる⁷。

持続可能な材料選択のメリット

持続可能な材料選択がもたらすプラスの効果は広範囲に及ぶ。選択プロセスに持続可能性の原則を組み込むことは、資源の枯渇、汚染、廃棄物の削減につながる⁸。容易にリサイクルまたは別の目的で再利用できる材料は、循環型経済の推進にも寄与する⁹。つまり、廃棄物が削減され、資源が持続的に再利用されるような材料循環の実現に貢献するのである。

さらに、持続可能な材料は、性能を向上させるような特有の性質を備えている場合がある。例えば、天然繊維から作られる先端複合材料のなかには、高い強度重量比を備えたものがある¹⁰。したがって持続可能な材料には、保守の必要性を減らし、製品寿命を延ばし、処分費用を低減させる可能性がある¹¹。

これらのメリットは、SDGsの目標12だけでなく、すべての人に健康と福祉を（目標3）、産業と技術革新の基盤をつくろう（目標9）、住み続けられるまちづくりを（目標11）など、他の多くの目標にも関連している。

AI時代の持続可能な材料

経済活動や消費においてAIとコンピューティングが果たす役割がますます大きくなりつつある今、持続可能な材料選択の原則を最新技術の使用に組み込むことはとくに重要となっている¹²。AIと持続可能性に関する議論においては、エネルギー消費量の削減やカーボンフットプリントの低減に焦点が置かれがちだが、材料選択による環境への影響を考慮することも同じくらい重要である¹³。

AIシステム、とくに大規模な機械学習モデルは膨大な計算能力を必要とするため、エネルギー消費の増大につながる。これは持続可能なAIをめぐる議論において重要な論点ではあるが、エネルギー消費の問題ばかりが注目を集める結果、大規模なデータセンターの建設や特殊化されたコンピューティングハードウェアの生産拡大によってさまざまな有限材料の世界的需要が拡大しているという事実が見落とされがちである。なかでもとくに注目すべきは、AI技術に使用されるハードウェアは、レアアースなどの非再生可能資源に依存している場合が多いという点である¹⁴。

これらの資源は供給量が限られているだけでなく、非倫理的な採掘慣行や環境への悪影響と結びついていることも多い¹⁵。材料選択は、人権侵害を制限し、地域コミュニティへのメリットを最大化し、有限な資源への依存を軽減し、可能であればリサイクル材料の使用を促進するような方法で行われなければならない。レアアースの外部不経済を考慮し、イノベーションを促し持続可能な材料の商業化を加速するための研究開発、官民パートナーシップ、そして協力事業を追求し、持続可能な代替材料を模索する必要がある。

AI関連材料のライフサイクル

AIの急速な進化と業界の競争激化は、ハードウェアの平均寿命の短縮化にともなって、旧式のハードウェアが電子機器廃棄物の増加を助長するというリスクをもたらしている。その希少性にもかかわらず、世界で使用されているレアアースのうち、リサイクルされているものは1%にも満たない¹⁶。廃棄物を削減し、資源の継続的利用を促進するために、長寿命と修復性を考慮した製品設計を行い、希少な材料のリサイクル、別の目的での再利用、または持続可能な代替材料への置き換えをもっと増やすべきである¹⁷。

さらに、AI 機器に使用される材料の持続可能性は、その希少性だけでなく、サプライチェーンによっても左右される。AI ハードウェアに使用されるレアアースなどの材料の調達には、膨大な環境フットプリントと広範囲に及ぶ社会的影響をともなう複雑なグローバルサプライチェーンと関わっている¹⁸。持続可能な材料選択のアプローチでは、採取から処分に至る材料の全ライフサイクルを考慮しなければならない。これには、鉱業部門の労働条件やエコロジカルフットプリントをはじめとする複雑な問題への対処がともなう。

政策立案者は、金銭的なインセンティブやカーボンクレジット制度、認証プログラムを提供することで、AI ハードウェアのより持続可能な材料選択を推進することができる¹⁹。重要産業における持続可能な材料の使用を義務付ける国の規制枠組の強化、ならびに、国際基準との整合化もきわめて重要である²⁰。

結論

材料選択に持続可能性を組み込むことは、地球規模の環境問題に取り組み、持続可能な未来を構築するために不可欠である。性能の最大化とコスト削減という従来の基準に持続可能性の概念を取り入れることにより、効率的で費用対効果が高く、環境への責任を果たし、かつ社会的にも適切な材料や製品を設計することができる。

このアプローチを推進することは、急速な成長にもかかわらずいまだ希少な有限資源に依存する AI との関連においてとくに重要である。この新興セクターで包括的なアプローチを実行するためには、教育、インセンティブ、政策、規制、基準作り、制度的構造を網羅する協調的な取り組みが必須となる。集中的に取り組み、協力することによって、持続可能な材料選択への移行を加速し、より強靱で持続可能な社会に貢献することができる。

ENDNOTES

- 1 LeBlanc, S., Yee, S.K., Scullin, M.L., Dames, C. and Goodson, K.E., 2014. Material and manufacturing cost considerations for thermoelectrics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, pp.313-327.
- 2 <https://www.dailymaverick.co.za/opinionista/2024-06-27-integrating-sustainability-into-material-selection-is-an-ethical-and-strategic-obligation/>
- 3 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>
- 4 Govindan, K., Shankar, K.M. and Kannan, D., 2016. Sustainable material selection for construction industry—A hybrid multi criteria decision making approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, pp.1274-1288.
- 5 Zarandi, M.H.F., Mansour, S., Hosseinijou, S.A. and Avazbeigi, M. (2011). A material selection methodology and expert system for sustainable product design. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 57(9-12), pp.885-903.
- 6 Sandin, G. and Peters, G.M., 2018. Environmental impact of textile reuse and recycling—A review. *Journal of cleaner production*, 184, pp.353-365.
- 7 Kühtz, S., 2007. Adoption of sustainable development schemes and behaviours in Italy: barriers and solutions—what can educators do?. *International journal of sustainability in higher education*, 8(2), pp.155-169.
- 8 Velenturf, A.P. and Purnell, P., 2021. Principles for a sustainable circular economy. *Sustainable production and consumption*, 27, pp.1437-1457.
- 9 Marwala, T. and Xing, B., 2011. The role of remanufacturing in building a developmental state. *The Thinker: For the Thought Leaders*, pp.18-20.
- 10 Maiti, S., Islam, M.R., Uddin, M.A., Afroj, S., Eichhorn, S.J. and Karim, N., 2022. Sustainable fiber-reinforced composites: a Review. *Advanced Sustainable Systems*, 6(11), p.2200258.
- 11 <https://www.oneplanetnetwork.org/value-chains/value-chain-approach>
- 12 <https://medium.com/@annamathew03/rapid-growth-of-artificial-intelligence-in-2024-ac002f8838b5>
- 13 <https://www.weforum.org/agenda/2024/04/how-to-manage-ais-energy-demand-today-tomorrow-and-in-the-future/>

ENDNOTES (Continued)

- 14 Sylwia Pangsy-Kania and Floros Flouros “ Rare Earth Elements as A Huge Economic Challenge For The Future of Green Economy” Proceedings of the 40th International Business Information Management Association (IBIMA), 23-24 November 2022, Seville, Spain.
- 15 <https://hir.harvard.edu/not-so-green-technology-the-complicated-legacy-of-rare-earth-mining/>
- 16 Favot, M. and Massarutto, A., 2019. Rare-earth elements in the circular economy: The case of yttrium. *Journal of Environmental Management*, 240, pp.504–510.
- 17 van Wynsberghe, A., 2021. Sustainable AI: AI for Sustainability and the Sustainability of AI. *AI and Ethics*, 1(1).
- 18 Liu, S.-L., Fan, H.-R., Liu, X., Meng, J., Butcher, A.R., Yann, L., Yang, K.-F. and Li, X.-C., 2023. Global rare earth elements projects: New developments and supply chains. *Ore Geology Reviews*, p.105428.
- 19 Rana, A., Sadiq, R., Alam, M.S., Karunathilake, H. and Hewage, K., 2021. Evaluation of financial incentives for green buildings in Canadian landscape. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, p.110199.
- 20 Sriram, H. and Jagadeeswaran, I., 2022. EU 2015/863: Restriction of Hazardous Substances (RoHS)-3. In *Medical Device Guidelines and Regulations Handbook* (pp. 297-307). Cham: Springer International Publishing; Campos, L.M., de Melo Heizen, D.A., Verdinelli, M.A. and Miguel, P.A.C., 2015. Environmental performance indicators: a study on ISO 14001 certified companies. *Journal of Cleaner Production*, 99, pp.286-296.

本稿について

本研究について

この技術ブリーフは、グローバル・サウスと持続可能な開発に関連したグローバルなテクノロジーガバナンスの特定領域に焦点を当てる国連大学の一連の技術ブリーフの第6弾である。

著者情報

チリツィ・マルワラ教授は東京に本部を置く国連大学の第7代学長であり、国連事務次長を務めている。人工知能（AI）の専門家であり、前職はヨハネスブルグ大学（南ア）の副学長である。マルワラ教授はこれまで300件以上もの雑誌記事や新聞寄稿を提供し、27冊にのぼるAIとその関連分野の書籍を著し、5つの特許を共同取得している。博士はまた、アメリカ芸術科学アカデミーに所属しているほか、世界科学アカデミー（TWAS）、南アフリカ科学アカデミーなどにフェローとして所属している。

免責事項

本稿で述べられている見解や意見は、必ずしも国連大学の公式な方針や立場を反映したものではありません。

引用の際の表記

Tshilidzi Marwala, “Sustainable Material Selection in the Era of Artificial Intelligence”, UNU Technology Brief 6 (Tokyo: United Nations University, 2024).

Copyright © 2024 United Nations University. All rights reserved.

ISBN 978-92-808-9162-1