

日清食品ホールディングスのTNFDレポートに関する 補助解説および科学的エンドースメント

【目次】

- **補助解説（株式会社シンク・ネイチャー）** — p.1 - p.4
 - 1. ビジネス活動が生物多様性に与えるリスクやインパクトの評価指標について
 - ↳ TNFDレポート本文該当箇所：戦略／【戦略A】／評価対象の検討／各種評価指標
 - 2. 原材料各品目が生物多様性に与える損失リスクについて
 - ↳ TNFDレポート本文該当箇所：戦略／【戦略A】／定量評価／「降水量と生物多様性損失度（MSA）との関係」
 - 3. 気候と生物多様性に依存したパーム油生産の持続可能性
 - ↳ TNFDレポート本文該当箇所：【戦略C】自然関連のリスク・機会に対するレジリエンス／シナリオ分析の結果
- **補助解説に関する参考文献集** — p.4 - p.6
- **科学的エンドースメント**
(アッテ・モイラネン博士／株式会社シンク・ネイチャー 最高科学責任者) — p.6 - p.7

【補助解説】

1. ビジネス活動が生物多様性に与えるリスクやインパクトの評価指標について

企業活動と生物多様性の関係性を評価する指標には様々あります。その中でも、生物多様性の重要度と、自然や生物多様性の完全性（十全性）は、企業活動と自然との接点や、自然への影響を把握するために、一般的に用いられる指標で、前者はボトムアップ型グローバル重要度指標、後者はトップダウン完全性指標とも称されます（参考文献#1）。

生物多様性の重要度は、個々の生物種の絶滅リスクに着目して、保全政策上注視すべき絶滅危惧種のハビタット面積の希少度合い（参考文献#2）、あるいはより高度な空間的保全優先順位付のアルゴリズムを用いて計算されます（参考文献#3）。

保全計画学で発展した空間的保全優先順位付において、最も洗練されたZonationアルゴリズムによる保全優先度（Zスコア）は、ある地域の生物多様性の空間情報（野生生物のハビタットや分布を網羅的に重ね合わせたビッグデータ）を基に、重要性の低い場所0から高い場所1まで、各場所を相対的にランク付けします（参考文献#4,5）。希少種や固有種が多い場所は、その場所が消失した場合の保全上の損失が大きく、かけがえのない場所と評価されるため、保全優先度は1に近い大きな値になります。反対に、ある場所に生息する生物種の全てが普通種で、その場所に特異的な生物種が全く存在しない場合は、保全上の代替可能性が高い場所と評価され、保全優先度は0に近い小さな値となります。

自然や生物多様性の完全性（十全性）は、人為的な土地改変のレベルをもとに、0から1の相対値で評価されます。人為的に破壊されて自然が全く残っていない場合は0、原始的で完全な自然が残っている場合は1となります。これは自然度とも称され、代表的な指標としては、原生自然の生物種の個体数と比較して土地改変に伴う生物多様性の損失割合を算出する平均生物種豊富度（MSA：mean species abundance）があります（参考文献#6）。

したがって、事業活動を実施している場所の生物多様性の重要度と、事業活動によって生じている可能性のある生物多様性の損失割合（生物多様性の完全性によって評価）を組み合わせることによって、事業活動に関する生物多様性リスクを把握することができます。具体的には、事業活動を実施している場所の生物多様性の重要度を横軸にとり、自然や生物多様性の完全性（十全性）を縦軸にして、様々な事業活動拠点の2値を散布図にすると、原始的な自然が残存して、かつ、生物多様性の重要度が高いエリアがグラフ上に可視化されます。これにより、事業活動を行う上で注意すべき拠点、すなわちマテリアルなロケーションが把握できます（参考文献#7）。

さらには、事業活動（コモディティの生産や調達など）によって発生した土地改変の面積に、土地改変に伴う生物多様性の損失割合（リスク値）であるMSAを掛算し、さらに、その事業を実施したエリアの保全優先度スコア（Zスコア）を掛けると、コモディティの生産や調達が生物多様性に与えた影響（インパクト）を定量でき、空間非明示のライフサイクル・アセスメント（LCA：Life Cycle Assessment）を補完する観点から、Beyond-LCAアプローチとも称されます（参考文献#8）。

2. 原材料各品目が生物多様性に与える損失リスクについて

原材料3品目に関しては、パーム油（アブラヤシ）、カカオ、小麦それぞれの生産（農地利用）による生物多様性への影響（損失リスク）を、MSAで定量し3品目間で比較しました。

前述の通り、平均生物種豊富度を表すMSAとは、原始的な自然の生物多様性と比較して、人為的な土地改変による野生生物のハビタットの劣化状態を、生物多様性の損失割合として定量する指標です。例えば、パーム農園とその周辺の熱帯林に生息する哺乳類、鳥類、爬虫類、昆虫、土壌動物など、様々な生物分類群の種個体数を調査したデータを収集します。そして、自然の熱帯林とパーム農園における生物種の個体数を比較して、パーム農園開発で損失した生物種の個体数の平均的な割合を計算

します。このような分析を様々なパーム油の生産地に対して実施し、同時に、カカオや小麦の生産地に対しても行うことで、原材料各品目の生産に伴う生物多様性リスクを把握できます。なお、MSAの計算は、様々な学術論文（合計63編）に記載された多分類群の生物群集（種個体数）データに基づいています。論文によって、生物分類群が異なり、データ収集のデザインやサンプルサイズも異なるので、MSAによる生物多様性損失評価が絶対的なものではありません。しかし、本分析は、既存の学術的知見を全て統合した、現時点で最も信頼できる科学的根拠に基づくパーム油、カカオ、小麦の生産における生物多様性インパクトの定量化とすることができます。

パーム油、カカオ、小麦の生産地域はグローバルに分布しているので、同じ品目であっても、生産されている場所は様々で、気候や生物多様性の状態など環境条件が異なります。よって、同じ品目を同量生産する場合でも、生産地域の環境条件によって生物多様性に与える影響は異なり、さらには、品目間でも異なるでしょう。ビジネス界で普及しつつある空間非明示のLCAアプローチでは、このようなロケーション特異的な気候・自然関連リスクを把握できません。実際、本分析において、学術文献に記載されている情報をもとに、パーム油、カカオ、小麦の生産による生物多様性損失と、気候（気温や年降水量など）、土地利用（市街地・農地・森林面積など）、土壌特性（表層土壌のpH、有機物含量および粒度）、地域の生物種数（ガンマ多様性）の相関関係を分析した結果、生産地の年降水量に応じた生物多様性損失の変化傾向（統計学的な有意性）は3品目に共通しており、多雨地域ほど生物多様性への損失リスクが大きいことが明らかとなりました。そして、生物多様性を最も損失させる可能性が高い品目は、熱帯域で生産されるパーム油であることが特定されました。これらの結果は、生物多様性が豊かな熱帯多雨林の破壊を伴う生産活動が、自然資本を毀損しうることを明示しています。

3. 気候と生物多様性に依存したパーム油生産の持続可能性

パーム油をはじめとして、私たちの食物の原料となる作物は、どこでも栽培できるわけではなく、気候と自然に応じて、作物ごとの栽培適地があります。したがって、温暖化が進むと、パームの栽培適地は地理的に変化し、生物多様性の状態に応じて、パーム油の生産性も変化します。実際、今回の分析において、温暖化シナリオの元で、パーム油収量の将来変化を予測すると、温暖化抑止がうまくいかなかった場合、当該の生産地において、2070年までにパーム油の収量は30～40%も減少することが明らかになりました。

さらに、パーム農園を脅かす要因の一つは、基部幹腐病のガノデルマによる病害です。パームだけを植栽した単一種栽培（モノカルチャー）は、面積あたりのパーム油収量の観点から、短期的には収益性が高まります。しかし、今回の分析で示されたように、パームの樹齢が上がるとともに病気罹患率が高まり、連作障害によってパーム油の収量は、将来的に劣化することが明らかです。これは、従来のモノカルチャーで、単位面積あたりの収益性を追求するパーム油生産が、持続不可能であることを意味しています。

そもそも、生物多様性が豊かな熱帯林には、病原菌を含めて多種多様な生き物が「それぞれ少しずつの割合」で生育しています。例えば、ある場所に1000個体の生き物が生育できる環境があれば、100種

の生物の場合、個体数を最も均等配分できれば10個体ずつで空間を分け合うことで、多種が共存することになります。病原菌にしても、感染できる宿主（ホスト生物）が生育してこそ、その存在が可能になるので、その場所におけるホスト生物種の個体数が限定的で少しの割合ならば、病原菌が蔓延することはありません。つまり、自然本来の生物多様性は、病害の大発生を抑止する効果があるのです。しかし、収益性を追求してパームを単一栽培すると、本来の生物多様性のバランスが崩れて、パームをホストとするガノデルマが蔓延し、パーム農園の長期的な維持が困難になるのです。このような連作障害は、応用生態学的には必然の帰結です。基礎生態学的には、Janzen-Connell効果として注目されており、空間的な種多様性と病気発生に関するメカニズム、すなわち「病原菌による熱帯林の樹木種の豊かさの安定化の仕組み」が、今も研究され続けています（参考文献9）。これらの知見を元に、最近の学術研究では、モノカルチャー農法による生物多様性消失に伴うパーム油生産の劣化に、警鐘を鳴らす論文が増えています（参考文献10,11）。

では、どうすればいいのでしょうか。生物多様性に配慮した環境再生型（リジェネラティブ）農法が解決策の一つになります。環境再生型農法にも様々な手法があります。例えば、農園の林床に「すじ植え」を実施することや（参考文献12）、農園内部に自然植生を保全再生するアグロフォレストリー的な管理があります（参考文献13）。いずれも、農園の単位面積あたりの収量は低下するかもしれませんが、生物多様性効果が病害によるパーム油の収量低下を抑制し、収益の持続可能性強化に繋がるでしょう。

今回の一連の分析結果は、気候変動を抑止するためのカーボンニュートラルだけでなく、温暖化や病害に適應したパーム油関連事業のレジリエンス強化が急務であることを示しています。パーム油を使用する事業をサステナブルなものとするため、生物多様性に配慮したネイチャーポジティブな農法改善と調達を図り、時間軸上の収益最大化を目指すことが望まれます。

【補助解説に関する参考文献集】

- 1) Hawkins, F., Beatty, C. R., Brooks, T. M., Church, R., Elliott, W., Kiss, E.,…Walsh, M. (2024). Bottom-up global biodiversity metrics needed for businesses to assess and manage their impact. *Conservation Biology*, 38(2), e14183. (<https://doi.org/10.1111/cobi.14183>)
- 2) Schneck, J., Hawkins, F., Cox, N., Mair, L., Thieme, A., & Sexton, J. (2023). Species threat abatement and recovery in Cameroon and Kenya: Findings from a STAR assessment to support biodiversity conservation using high-resolution data. IUCN, Gland, Switzerland. (<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2023-005-en.pdf>)
- 3) Kukkala, A. S., & Moilanen, A. (2013). Core concepts of spatial prioritization in systematic conservation planning. *Biological Reviews*, 88(2), 443-464. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/brv.12008>)

- 4) Moilanen, A., Lehtinen, P., Kohonen, I., Jalkanen, J., Virtanen, E. A., & Kujala, H. (2022). Novel methods for spatial prioritization with applications in conservation, land use planning and ecological impact avoidance. *Methods in Ecology and Evolution*, 13(5), 1062-1072. (<https://doi.org/10.1111/2041-210X.13819>)
- 5) 久保田康裕, 楠本聞太郎, 藤沼潤一, & 塩野貴之. (2017). 生物多様性の保全科学: システム化保全計画の概念と手法の概要. *日本生態学会誌*, 67(3), 267-286. (https://www.jstage.jst.go.jp/article/seitai/67/3/67_267/_pdf)
- 6) Schipper, A. M., Hilbers, J. P., Meijer, J. R., Antão, L. H., Benítez-López, A., de Jonge, M. M.,...Doelman, J. C. (2020). Projecting terrestrial biodiversity intactness with GLOBIO 4. *Global Change Biology*, 26(2), 760-771. (<https://doi.org/10.1111/gcb.14848>)
- 7) GBNAT and TN LEAD References (<https://lp.gbnat.com/jp/resources/>) (https://lp.gbnat.com/assets/GBNAT_TNLEAD_leafet.pdf)
- 8) Damiani, M., Sinkko, T., Caldeira, C., Tosches, D., Robuchon, M., & Sala, S. (2023). Critical review of methods and models for biodiversity impact assessment and their applicability in the LCA context. *Environmental Impact Assessment Review*, 101, 107134. (<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107134>)
- 9) Bruijning, M., Metcalf, C. J. E., & Visser, M. D. (2024). Closing the gap in the Janzen–Connell hypothesis: What determines pathogen diversity? *Ecology letters*, 27(1), e14316. (<https://doi.org/10.1111/ele.14316>)
- 10) Johnson, P. T., Ostfeld, R. S., & Keesing, F. (2015). Frontiers in research on biodiversity and disease. *Ecology letters*, 18(10), 1119-1133. (<https://doi.org/10.1111/ele.12479>)
- 11) Barcelos, E., Rios, S. d. A., Cunha, R. N., Lopes, R., Motoike, S. Y., Babiychuk, E.,...Kushnir, S. (2015). Oil palm natural diversity and the potential for yield improvement. *Frontiers in plant science*, 6, 190. (<https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00190>)
- 12) Ashraf, M., Zulkifli, R., Sanusi, R., Tohiran, K. A., Terhem, R., Moslim, R.,...Azhar, B. (2018). Alley-cropping system can boost arthropod biodiversity and ecosystem functions in oil palm plantations. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 260, 19-26. (<https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.03.017>)

- 13) Zemp, D. C., Guerrero-Ramirez, N., Brambach, F., Darras, K., Grass, I., Potapov, A., ... Behling, H. (2023). Tree islands enhance biodiversity and functioning in oil palm landscapes. *Nature*, 618(7964), 316-321.
(<https://doi.org/10.1038/s41586-023-06086-5>)

【科学的エンドースメント】

Endorsement comment by Dr. Atte Moilanen

アッテ・モイラネン — (株) シンク・ネイチャー 最高科学責任者

“ (株) シンク・ネイチャーの調査に基づき作成された日清食品グループのTNFD開示は、企業活動および生物多様性の両面において重要な意義を持ちます。今回の分析は、日清食品グループのバリューチェーンにおける主要な調達品目に焦点を当て、生物多様性への大きな影響、依存、リスクが特に高いと想定される主要な要因を明らかにしています。今回の調査結果を公表したことは、外部からのフィードバックや改善提案を受け入れる姿勢を示すものであり、その内容は一企業の枠を超えてより広い関係者にとっても有用な情報となっています。

分析の結果、日清食品グループは特にパーム油の生産過程が、生物多様性への深刻なインパクトおよび調達の持続可能性に関わる将来的なリスクの双方において、特に重要な要素であることを特定しました。生物多様性へのインパクトは、パームの単一栽培によってもたらされる、農園における生物多様性低下に起因しています。調達に関わる事業リスクは、気候変動に加え、パーム樹齢の高まりに伴って広がる基部幹腐病 (BSR : Basal Stem Rot) の影響によるパーム油収量の減少によって生じます。これらはいずれもメカニズムに基づく根拠があり、それらを認めることは容易です。

パーム油に関する今回の分析は、主に科学文献に記載されたパラメータに基づいて実施されているため、今後さらなる改善の余地があります。統計的な予測に関しては、更なる努力を加えることで、信頼区間の精度向上や因果関係の検証が可能になると考えられます。また、使用する影響指標の範囲を拡張することも検討できます。たとえば、生物多様性に関する評価においては、国際的・国内的な優先度、分布域の狭さ (希少性) 、自然度などの要素を組み込むことが考えられます。さらに、現地調査によるフォローアップも、実務上重要な予測の検証手段として重要になり得ます。

この点は、日清食品グループのTNFD分析の重要な特徴である、「不確実性を減らすために今後どのような情報を優先的に収集すべきか」を明確にするという役割を強調しています。今後は、推奨される行動に対して比較的影響が大きい要素、かつ不確実性の高い推定値の精度を高めることに重点を置くべきです。

自然に配慮したアクション（Nature-friendly action）は人間活動の副作用として生じる生態系への負の影響や、それに伴うリスクに対処する手段として有効です。こうした行動は、主要な影響をバランスよくカバーすることから計画を始め、費用対効果を重視しながら、必要に応じてのみ詳細なレベルの分析に踏み込むべきです。また、生物多様性の文脈においてもビジネスと同様に、避けられない不確実性が存在するため、順応的管理が合理的とされます。つまり、自然環境の重要な変化をモニタリングして予測の正確性を確認し、必要に応じて対策を調整していくということです。日清食品グループは、すでにさらなる情報ニーズの検討を進めています。

パーム油の生産過程に関しては、生物多様性へのインパクト抑制とビジネスリスク低減の機会が密接に関連していることが既に明らかになっています。たとえば、「すじ植え」によって樹種の混植をすることで基部幹腐病の蔓延への改善効果が期待でき、かつ地域の生物多様性の状態が大きく改善される可能性があります。これはTNFDに基づく分析によって示された、企業活動と生物多様性の双方にとって有益な「Win-Win」の機会といえます。”