

THINK NATURE コンセプトノートシリーズ ドキュメント #1

世界を鳥瞰する：自然に優しいビジネスのために

Bird's-eye view on the world and nature-friendly business

世界を鳥瞰する：自然に優しいビジネスのために

Bird's-eye view on the world and nature-friendly business

シンク・ネイチャー サイエンスチーム

Version 1, September 2025

エグゼクティブ・サマリー

ビジネスは自然と様々な形で関わり合っています。たとえば、(i) 操業許可は、自然資源の価値に関する分析や報告を求めることがあり、影響を軽減するために自然に優しい活動を補完的に実施する場合があります。(ii) 新たな建設プロジェクトにおいては、空間的影響の回避や、生物多様性オフセットが望ましい場合があります。(iii) 調達において、バリューチェーン全体での環境影響削減が望ましい場合があります。(iv) 地域的または国家的な生息地バンクが運用されている場合には、生物多様性クレジットの創出が関心対象となり得ます。(v) 農業、水産養殖、林業において、生態学的リスク評価が有用となる可能性があります。(vi) レクリエーションや健康に対する生物多様性や緑地の利益は、住宅設計に関連する可能性があります。(vii) 企業は生物多様性および生態系サービスに関する報告基準を採用することがあります。(viii) 投資家や一般社会は、企業の生物多様性への影響や持続可能性に関心を持つことがあります。(ix) 自治体や都市計画者は、土地利用ゾーニングのために、空間的な生物多様性分析に関心を持つことがあります。これらすべて、そしてその他の課題は、生物多様性と人間との相互作用に関する分析を必要とします。

自然界と人間との相互作用の複雑さを踏まえると、このような分析ニーズを予測し、対応することは容易ではありません。この文書は、シンク・ネイチャーが人と自然の機能的関わりをどのようにとらえているのかを俯瞰したものです(図 1)。より詳細に論じられるトピックは別文書に整理されており、それには以下が含まれます。(＃2) 自然に対する圧力と脅威、(＃3) 圧力に対抗するために用いられる自然に優しい行動の分類と特性、(＃4) 空間的影響の回避および自然に優しい行動の配置に関する空間計画と地点最適化、(＃5) ミティゲーション・ヒエラルキー、生物多様性オフセットおよび生物多様性クレジット、(＃6A) 生態系および空間的個体群生物学の基礎、(＃6B) 生態学的コネクティビティ、(＃7) 生物多様性と生態系サービス、(＃8) 生物多様性と炭素です。本シリーズには今後、他の補足資料が追加される可能性があります。本ドキュメントはシンク・ネイチャーのコンセプトノート・シリーズの第 1 弾であり、人間と生物多様性の相互作用を理解することに関心を持つ方々に対する公共サービスとして提供されます。

THINK NATURE コンセプトノート #1

世界を鳥瞰する：
自然に優しいビジネスのために

#n = ドキュメント番号

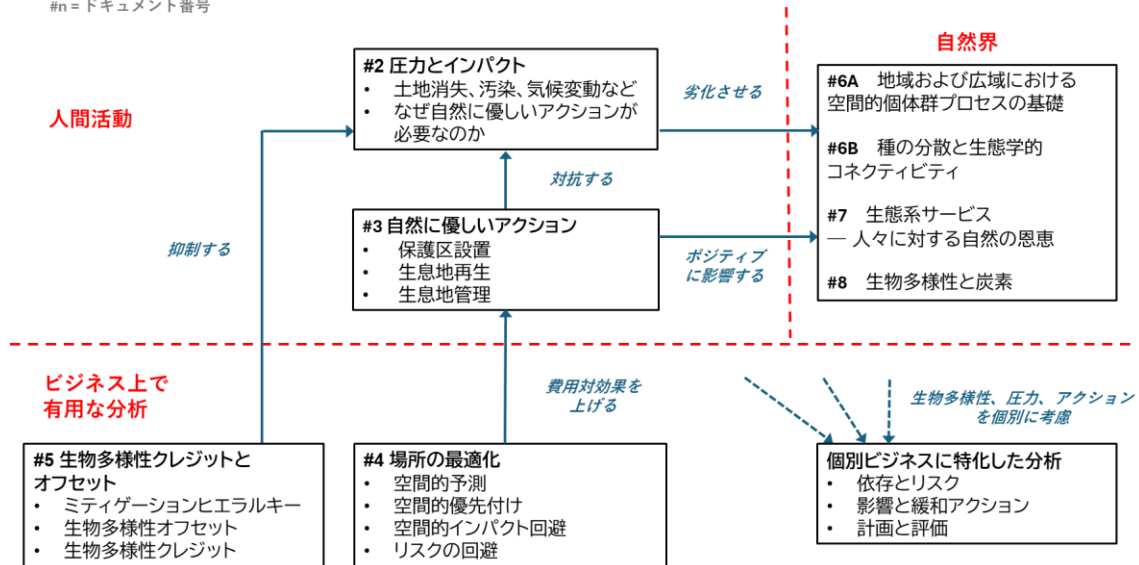


図1 ビジネスの視点から整理した人と自然の機能的関わり

1. 人間活動と生物多様性

自然への圧力 Pressures

人為的な圧力 anthropogenic pressures とその自然への影響の拡大を背景として、自然界の現状を憂慮する世論が広まりつつある。さまざまな人間活動から生じる圧力は、脅威 threats、ストレス stessors、ドライバー drivers など、さまざまな言葉で表現される(図 2)。影響には、生息地の直接的な損失と、騒音、汚染、気候変動などによる間接的な影響による生息地の劣化が含まれる。圧力は、影響回避 impact avoidance によって減らすことができ、また、自然に配慮した行動 nature-friendly actions によってそれらに対抗できる(セクション 2)。

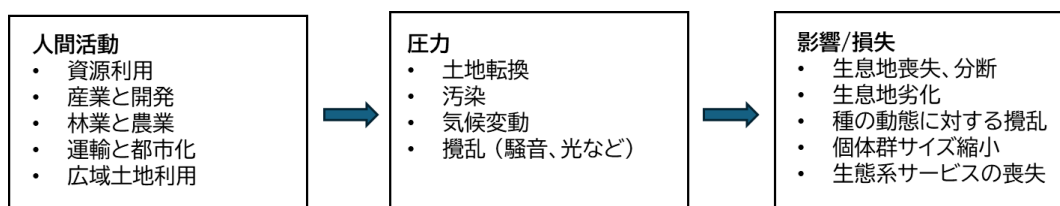


図 2 人間活動が自然への圧力を生み出しインパクトをもたらす

自然への圧力を考える上で、参照に値する概念群が存在する。まず、その圧力は止めうる Stoppable か、という問いは、現実的な対処を考える上で重要である。止めうる圧力とは、土地転換のように、局所的な行動のみで阻止できるものを指す。一方、止めえない unstoppable な圧力とは、気候変動のように、局所的な行動のみでは阻止できないものを指す。違法狩猟など、部分的には止めうる partially stoppable な圧力も存在する。

自然への圧力は3つの要素から生じる。第一に、フットプリント footprints、つまり開発がもたらす生息地の損失である。第二に、直接的な損失の範囲を超えて周辺地域にまで及ぶ間接的影響 indirect impacts である。間接的影響は、公害、騒音、夜間の人工光、埃、人口の増加といった、生物が忌避する現象の発生を介して生じる。いわゆるスコープ 3 の外部影響は、調達経路を経由して、その他のビジネスや、場合によっては他国へと分散される。適切な空間分析と技術的解決策を用いることで、プロジェクトがもたらす自然への影響は軽減することができる(セクション 3)。参照>圧力と影響については、シンク・ネイチャーのコンセプト・ドキュメント#2で詳しく論じる。

生物多様性とその背後にある個体群動態の基礎 **Basics of biodiversity and underlying population processes**

生物多様性 Biodiversity は非常に大きなトピックであり、地球上に生息する全ての生き物の生態学的多様性と複雑性を包含する。世界には数百万種の生き物が生息している。日本だけでも、数千の固有種を有しており、これらの固有種 endemic species は日本以外のどの場所・地域においても観測することはできない。世界には数百もの主要なエコシステムタイプ major ecosystem types と数千ものハビタットタイプ habitat types があり、それら全てが、その生態系や生息地に特有の生態系群集 ecological community を持ち、群集集合と種間の相互作用の場となっている。したがって、空間個体群生物学 spatial population biology におけるメカニズム的な基礎は生物種への圧力と自然配慮アクション nature-friendly actions が及ぼす影響に対する理解の一助となる。生物多様性は複雑であるが、その一部は一般化ができ、それによって複雑性を単純化することが可能である。

全ての種は、生存のために特定の環境条件 environmental conditions を必要とする。代表的な環境条件には、気温や降水量などが含まれる。また、種は餌や営巣場所といった資源を必要とする。ある種がどこに生息するのかを分布 distribution / range と呼ぶ。環境条件や資源に加えて、生物の分布は他の種との競争によって制限される。決定的な事実として、種はハビタット habitat の損失や劣化によって地域における資源密度が低くなると、地域的絶滅に追いやられてしまう。

ハビタットタイプは、生物多様性を地図化する上でのもっとも単純な形である。図 3 は生息地の面積と生息地の生態学的状態 ecological condition が、種の環境収容力 carrying capacity と連結性 connectivity、ひいては個体数と絶滅リスクにどのように影響するかについての基本的な関係を示している。環境収容力とは、その地域が潜在的に支える(包容する)ことのできる個体数のことであり、連結性とは動物がランドスケープ内をどれだけ容易に移動できるかに関わる要素である。

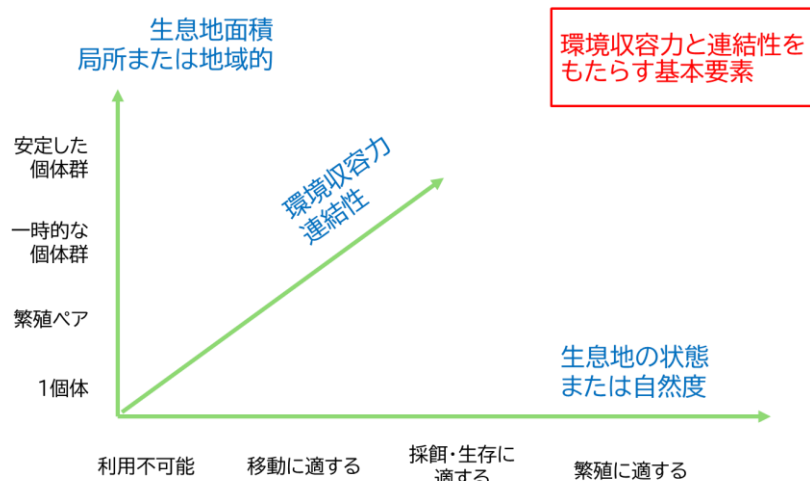


図 3 生息地の面積、生息地の生態学的状態、環境収容力、連結性の単純な関係。面積が大きいほど、資源量が豊かであるために、多くの個体を生存させることができる。生態学的状態が良いほど、その生息地は繁殖に適する。これは、生息地の喪失と劣化が問題となる理由である。面積が狭くなりすぎ、質が劣化しすぎると、個体群を維持することができなくなる。

空間的に異なる生息地のパッチに生息する個体群を地域個体群 Local population と呼ぶ。地域個体群の動態、すなわち増加や減少に影響するのは、以下の良く知られたプロセスである。すなわち発生 birth、死亡 death、移住(流出)emigration、移入 immigration である。移住と移入は、ハビタットの空間的構造(人間の影響が強い生息地と自然度が高い生息地がそれぞれどれだけ、どのようなパターンで存在しているか)に依存し、その作用は種ごとに異なる。生息に適した地域間での種の移動は分散 dispersal と呼ばれる。一方、渡り(あるいは移動)migration という言葉は、より季節的な移動に対して用いられる。複数の生息パッチのグループをメタ個体群 metapopulation という。メタ個体群の地域的な個体群サイズが小さい場合、その個体群は絶滅に向かうが、周辺の個体群からの個体の流入によって再生されることもある(recolonized)。したがって、ある種に適した生息地に、常にその種が生息するとは限らない。地域個体群サイズは生き物の発生・死・個体の地域的な移動のランダム性によって変動する。例えば、不安定な気候によって昆虫の個体群変動は数十倍～数百倍にも影響することが知られている。個体群の規模が自然によって変動することを理解しておくことは、モニタリングを行う際に重要になる。

絶滅リスク extinction risk は保全生態学における文脈の中でよく利用される言葉である。絶滅リスクは空間的スケール(地、国、グローバル)と時間軸に大きく依存し、絶滅リスクを数値的に正確に把握することは非常に難しい。参照>こうした生物多様性と個体群動態に関する基礎概念については、ドキュメント#6A と 6B で詳細に論じる。

生態系サービス

生態系サービスとは、人間に対する自然からの恩恵を意味する。生態系サービス ecosystem services の主なカテゴリーには、生態系プロセスと機能の長期的な維持に関わる基盤サービス supporting services および調整サービス regulating services が含まれる。これらの例としては、栄養循環、水循環、炭素隔離、受粉などが挙げられる。一方、供給サービスおよび文化的サービスは、主として人間による短期的利用に関わる。供給サービスには、食料、エネルギー、原材料、水などが含まれる。文化的サービスには、レクリエーション、自然を基盤とした観光、自然に関連する倫理的・精神的価値などが含まれる。

生態系サービスは生物多様性と密接に関連している。なぜなら、その供給は健全に機能する生態系から生じるからである。生態系サービスの利用を複雑にしているのは、もう一つの要素である人間によって生み出される不安定な需要である。需要は予測が困難である。生態系サービスの供給と需要が交わる場所は、しばしば「フロー」と呼ばれる。近年では、各国や組織によって「生態系勘定(ecosystem accounting)」という活動、すなわち生態系サービスの金銭価値計算が進められている。

2. 自然に優しい活動を理解する

主要な自然に優しいアクションの種類には保護区の設立、生息地再生、生息地管理、そして圧力の回避がある。これらには以下のような種類がある。

- **保護区の設置** protected area establishment は対象地への圧力を減少させ、生息地と種の回復を誘導する。保護は対象地の将来的な生物多様性の損失を回避させる。
- **生息地再生** habitat restoration は劣化した生息地に適用される。通常、生息地の構造的特徴はより自然な状態へ回復する。
- **生息地管理** habitat management は自然遷移が要因で損失してしまう生息地に適用される。一般的な例として、伝統的な農業生息地に生息地管理が適用されることがあり、このような生息管理地は、放牧や定期的な草刈りなどによって開放的な状態を保たなければ、すぐに低木が生い茂るようになる。
- **インパクト回避** impact avoidance とは、空間設計や技術的な解決策によって損失を最小限に抑えることである。

自然に優しいアクションの影響を理解するためには、そのアクションが生物多様性のどの要素に対してどのように貢献しているのかを評価することが必要である。その活動が情報収集（モニタリング）だけなのか、又は、現場アクションの結果なのか。また、対象活動が特定の種だけなのか、複数のグループなのか、又は広域の生息地タイプなのか、という問いによっても区分される。さらには、種の空間的個体群動態の構成要素がその活動によってどのような影響を受けるのかも評価することができる。図4は自然に優しいアクションの上位階層を示している。参照>このトピックに関しては、ドキュメント#3 でより詳細に議論する。

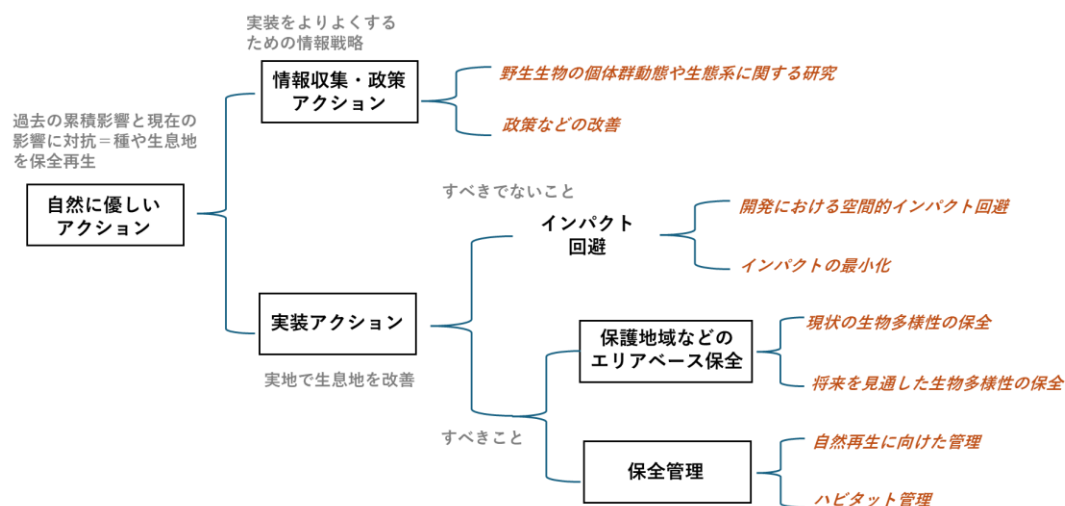


図4 自然に優しいアクションのトップレベルな階層的分類

3. データ

データは決定的に重要

高度な生物多様性の分析には質の高いデータと高度な手法が必要である。シンク・ネイチャーはデータを非常に重視しており、長期的なデータ収集に多大な投資を行っている。それにもかかわらず、大規模なデータセットの構築には、膨大な労力が必要となる。

場合によっては、地域のプロジェクトにおいて特定のデータ収集が望ましい場合がある。その場合は、既存の背景データを利用することによって、統計的に信頼性が高くで費用対効果の高い調査計画を立てることができる。既存背景データの分析は、将来データの予測にも利用が可能である。例えば、気候変動は生物多様性の変化を引き起こす可能性があり、この変化によって林業、農業、漁業に依存している産業に影響を与える可能性がある。

使いうるデータには複数のタイプがある。データが必要になるのは、アクションの効果を知るためである。例えば、個別の生息地再生活動は、実行可能性、費用、時間経過に伴う生態学的反応、そして効果の観点から大きなばらつきがある。空間分析もその一例である。空間分析は、多くの種、生息地の種類、圧力に関する分布データ、場合によっては土地の所有権やコストに関する情報が有益な分析材料となる。開発プロジェクトの空間設計に関しては、分析解像度はヘクタールやそれ以下の粒度で行うべきである。なぜなら、土地利用に関する意思決定はそうした細かい空間粒度で行われるからである。つまり、国レベルの分析を行うために必要なデータセットは膨大になる。したがって、シンク・ネイチャーが利用する Zonation のような強力な分析手法とソフトウェアが必要であることを意味する。

データに関する共通の課題として対象地の種や生息地に関するデータの不足が挙げられる。また、データは時として質が低く、解像度が粗く、古すぎたりする。さらに、利用にあたって多くの前処理が必要になるデータもある。さらに、データの使用权についても曖昧な場合がある。データ入手に関する課題は改善しているが、自然界では多くのことが未知の状況である。上記のデータに関する課題に呼応する形で、シンク・ネイチャーは独自にカスタマイズしたデータセットを活用している。例えば、シンク・ネイチャーは世界中で 16 万種の種について統計的にモデル化された分布推定を行い、日本国内では数千種にわたる高解像度モデルを構築している。

データを収集が常に最善というわけではない。新しい調査データの必要性が明確でない場合、限られたリソースを現場での再生・改善アクションに利用した方が有益な場合もある。参照＞ Zonation や関連する空間データ分析については、ドキュメント#4 でより詳細に議論する。

4. ビジネス上有用な分析

依存 Dependencies、影響 Impacts、リスク Risks、情報開示 Reporting

生物学的プロセスへの依存とそれに関連するリスクは、農業、水産養殖、林業といった事業にとって重要であり得る。生態系プロセスは生物生産力および生態系サービスの基盤である。これらは様々な圧力や影響によって損なわれる可能性がある。企業の視点から見れば、自然資本への依存はリスクの源泉である。また、影響は評判を通じて企業にとってリスクとなり得る。したがって、天然資源に依存する企業にとって、生物多様性の予測やリスク評価は重要かつ有用である。リスク評価においては、それぞれの事業が持つ文脈依存的な特性を考慮する必要がある。以下で論じる、空間的な最適設計、空間的な影響回避、生物多様性オフセット biodiversity offsets は、生態学的リスクの回避および緩和の一環として利用し得る。

生物多様性に関連する報告は、データの利用可能性に依存する。プロジェクトサイト周辺で現地調査を実施し、その地域の生物多様性を把握することがある。また、過去の航空写真や衛星画像を活用し、かつてその地域に何が存在していたのかを理解することもできる。さらに、統計的分布モデルを用いて、現在または将来における種の世界的、国家的、地域的分布を把握することが可能である。こうした分析は、TNFD、CSRD、EURD といった基準に基づく開示に関連する。上述の原則に沿って報告を行うことにより、投資家や一般社会とのコミュニケーションが誠実なものとなる。

特定の種や関心に特化した分析

一般的には生物多様性全体を懸念すべきであるが、時に個別の種の関連性が問われることがある。単一種を対象とした空間モデリングの応用は多岐にわたり、適応的な個体群管理や収穫、リスク分析、侵入種や疾病に関する予測、関心のある絶滅危惧種に関する予測などが含まれる。関連する問いとしては、気候変動が作物に適した地域の適地性にどのように影響するか、侵入種や害虫がどこで懸念となり得るか、希少種や絶滅危惧種がどこに出現し得るか、といったものがある。参照＞こうした分析に有用な統計的手法については、ドキュメント#6A、Bで論じる。

場所の最適化、最適空間設計

生物多様性に関連する多くの意思決定は空間的な性質を持ち、シンク・ネイチャーが行ってい

るように、空間的優先順位付けの手法によって対応することができる。これは生態学的に十分な知見に基づいた土地利用計画を行う方法であり、どこを開発するか、どこを開発しないか、どこに自然に優しい行動を割り当てるか、といった問いに答えるものである。空間的優先順位付けは、多数の種、生息地、生態系サービス、脅威、コストなどに関する高解像度の空間データを統合することができる。具体的な分析の構築は、分析目的や利用可能なデータに依存する。例えば、保護区設計と生息地再生の割り当てとでは、必要とされるデータや分析構造が異なる。

典型的な優先順位付けの課題には、生物多様性にとって優先度の高い地域の特定が含まれる。これらの地域は、例えば保護対象とすることができるし、その周辺に生息地回復を重点的に行うこともできる。生息地回復の最適な配置は比較的困難な課題であり、将来において生物多様性および地域住民にとって最良となる要素を組み合わせるものである。

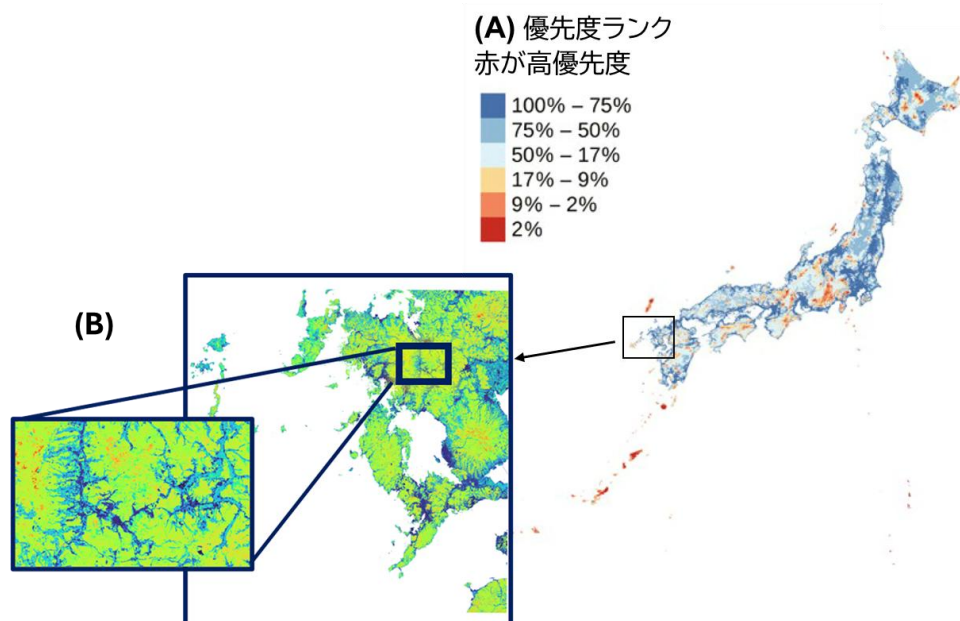


図5 日本における初の生物多様性優先度ランクマップ。6325種の種分布モデル地図を用いて算出されたものであり、出典は Lehtomäki J., Kusumoto B., et al. (2017) *Diversity and Distributions* である。シンク・ネイチャーの現メンバーの多くがこの研究に関与している。パネル(B)は、シンク・ネイチャーが活用している同じ分析の高解像度版に基づく地域拡大図を示している。ドキュメント#4 では、地点選定および空間的優先順位付けについてさらに詳しく論じられている。

空間的優先順位付けの重要な特徴は、相対的な地域的視点を提供する点である。もし利用可能なのがローカルなデータや分析のみである場合、その場所の地域的または国家的スケールにおける相対的重要性を理解することはできない。

影響の回避と最小化

「ミティゲーション・ヒエラルキー mitigation hierarchy」と呼ばれる概念は、国際的な政策文書や規制において頻繁に登場する。基本形としてのミティゲーション・ヒエラルキーは、生態学的な損失を (i) 回避し、(ii) 最小化し、(iii) 現地で回復し、(iv) 他所で代替するべきであると定めている(TN のコンセプトノート #5)。最初の二段階には、開発における空間的影響回避が重要な要素として含まれる。望ましいのは、保護区、高い種多様性や希少性を有する地域、重要な生息地の生態学的に良好な条件を備えた地域、自然度の高い地域(原生的地域)などの近傍を避けることである。シンク・ネイチャーが収集した空間データは、この空間的影響回避を支援している。

生物多様性オフセット

生物多様性オフセットは、建設や土地利用の文脈で適用される。これは、失われた生態学的価値を他所での回復や保護によって置き換えることを目的とする。その目標は「ネット・ロスなし no net loss (NNL)」と呼ばれるものであり、純損失はそれに対応する純増加によって完全に補償されなければならない(注:純増加の算定は複雑な課題である)。さらに関心が持たれるのは「ネット・ポジティブ・インパクト net positive impact (NPI)」であり、これは単純には、ネット・ロスなしに必要とされる以上の行動を行うことで達成される。

生物多様性オフセットと生物多様性クレジットはいずれも、同じ基本的な情報に依拠している。それは「自然に優しい行動の時間を通じた効果」であり、応答関数 response function によって要約的に表現される。応答関数は、ある行動を行った後に生態学的な利益が時間とともにどのように増加するかを記述する。選択した時間間隔にわたる応答の平均は、その行動によって単位面積あたりに得られる利益の推定値となる。損失を利益で置き換えるという考え方は、生物多様性クレジットと密接に関連している。利益を生み出す方法は同じであり、違いはクレジットが即時に利用されるのではなく、将来の利用のために蓄積される点にある。参照>ドキュメント#5 では、影響回避、オフセット、生物多様性クレジットについてさらに詳しく論じている。

費用対効果 **cost-efficiency** と計画の信頼性

分析の種類にかかわらず、予算が限られた世界において、自然に優しい行動は費用対効果が高いことが重要である。信頼性、実現可能性、信憑性は、自然に優しい設計における責任ある出発点であるが、代替的な行動計画を策定する際にはコストおよび機会費用も考慮すべきである。行動のメカニズムを理解することは、信憑性の出発点である。経験と良質なデータは、実現可能性、信頼性、費用対効果の出発点である。高い複雑性に直面したときには、十分な知見に基づいた単純化が成功する計画の鍵となり得る。

5. シンク・ネイチャーの哲学

本コンセプトノートは、自然に優しい計画の中核となる高次の考慮事項を記述してきた。本テキストの目的は、企業における生物多様性と生態学の理解を促進することである。各トピックのより詳細な概要については、文献への参照も含むドキュメント #2～#8 に示されている。

シンク・ネイチャーは、誠実でバランスの取れたトップダウン型の自然に優しい活動計画という基準を掲げている。有能な手法は、生態学的にも数学的にも合理性を持たなければならず、また分析を信頼できるデータへと結びつけることが可能でなければならない。現場での解決策は費用対効果が高いものであるべきである。

重要な点は、シンク・ネイチャーが提供する知見は科学のみに基づいているのではなく、科学の限界を理解することにも基づいているということである。多くの科学研究は、長期的に、局所的に収集された高精度なデータや複雑な分析に依拠しており、それを他地域に外挿することは、莫大な労力と費用なしには不可能である。

したがって、方法を理解すること、データを知ること、
そして十分に考え抜かれた単純化 **Well-informed simplicity** が成功のカギである。

シンク・ネイチャーの「四方よし」

売り手よし、買い手よし、世間よし。

そして自然によし。