

何をもって生態系を復元したといえるのか? —生態系復元の目標設定とハビタット評価手続き HEP について

What can be success criteria for ecological restoration?
- The Goal of Ecological Restoration and the HEP Application

田中 章*
Akira TANAKA

はじめに

近年、自然再生型公共事業（例：「環の国」づくり会議、2001）、開発事業に伴う環境アセスメントにおける代償ミティゲーション（例：環境影響評価法、1997）、ビオトープ再生活動（例：学校や公園ビオトープ等）、自然再生条例（例：志木市自然再生条例、2001）等々、生態系復元（ecological restoration）の動きが活発化している。戦後の高度成長期における経済最優先の国策により多くの自然が失われてきた日本において、自然復元政策への転換は極めて重要であり、21世紀の国策の柱として期待されるものである（例：五全総、1998・生物多様性国家戦略、2000）。

しかし、個々の生態系復元事業において、目標設定や「何をもって生態系を復元したといえるのか？」という成功基準の設定が曖昧なままに進められると、せっかくの生態系復元事業も自己満足的なものや開発事業のいわゆる「免罪符」になる恐れがあり、ひいては本来必要な生態系復元そのものの真価が疑われることになる¹⁾。

このような背景から、本稿では「何をもって生態系を復元したといえるのか？」という問い合わせに対して極めて具体的なヒントを提供しうる考え方であるハビタット評価手続き、「HEP」に着目し、その中で扱われている「主体」ごとの「質」×「時間」×「空間」という4つの評価視点に焦点を合せて HEP あるいは HEP 的な評価の可能性を明らかにするとともに、今後の日本における生態系復元の評価のあり方について考えてみた。

1. 生態系復元事業の「目標」と「成功基準」

生態系復元の目的は、生物多様性保全、レクリエーション、景観、防災等々、多種多様であるが、都市でも地方でも激減している野生生物のハビタットを保全するという目標は、程度の差こそあれ、すべての生態系復元の目標に含

まれるべきである。

そこで「野生生物のハビタットを保全する」という命題を考えてみると、一般論としては生態系復元の目標になりますが、個々の具体的な生態系復元事業の目標としては説明不足である。「野生生物のハビタットを保全する」をさらにブレークダウンして生態系復元事業の具体的なイメージとして示すことが必要である。

例えば、「トウキョウサンショウウオのハビタットを保全する」（大目標）を実現するためには、産卵と幼生のために浅い田んぼのような水域を確保するとともに、その近くには成体のための落葉広葉樹林を確保すること（小目標）が必要になってくる。次に、小目標で示したような「質」と「空間」（面積や配置）を有する復元事業でも、1年後に完成するのと、10年後に完成するのではまったく異なる。もしトウキョウサンショウウオの移動能力範囲内に他に適切なハビタットが存在しなければ、前者で1年間、後者で10年間、当該地域のトウキョウサンショウウオは「家なき子」となり、後者であれば確実に当該地域のトウキョウサンショウウオは絶滅することになる。

結局、生態系復元事業の目標は、「何を」、「どこに」、「どれぐらい」、「いつ」、復元・創造するのか？即ち、「主体」ごとの「質」×「空間」×「時間」というレベルまでブレークダウンする必要がある（表-1）。実は、米国の HEP はこのような視点を重視したハビタット評価手続き

表-1 生態系復元事業における4つの評価視点

番号	項目	内 容
1	主体	どの野生生物種のハビタットか？
2	質	どのような質を有したハビタットか？
3	空間	どれだけの広さでどういう配置のハビタットか？
4	時間	いつからいつまで利用できるハビタットなのか？

* ウェールズ大学通信制大学院環境学科

表-2 HEPで使われる指標とその分析方法

番号	指標		分析方法等	式または概念
	略号	名称 (日本語)		
1	SI	Suitability Index (適性指数)	評価対象種のハビタットの適否を規定する、食物、水、被覆、繁殖等の諸要因別に、その適性度を0(まったく適さず)から1(最適)までの数値で表現したもの。そのモデルをSIモデルという。SIモデルは当該種に関するこれまでの既存文献資料調査、当該種の専門家によるヒヤリング調査等により作成する。	$SI = \frac{\text{調査区域のハビタットのある環境要因の状態}}{\text{理想的なハビタットのある環境要因の状態}}$
2	HSI	Habitat Suitability Index (ハビタット適性指数)	評価対象種のハビタットの適否を総合的に0(まったく適さず)から1(最適)までの数値で表現したもの。したがって、HSIは複数のSIを総合したものである。HSIモデルとは、複数のSIモデルとHSIモデルとの関係を示したものである。現在、250種以上のHSIモデルが米国連邦政府から公表されている。	$HSI = \frac{\text{調査区域のハビタットの状態}}{\text{理想的なハビタットの状態}}$
3	AHSI	Average Habitat Suitability Index (平均 HSI)	調査区域全体のハビタットとして適性を示す指標。被覆タイプごとに算出されたHSIを各被覆タイプの面積比率によって加重平均したもの。調査区域全体を「質」の視点から2次元的に評価した値。	$AHSI = \frac{A \times Ah + B \times Bh + C \times Ch}{A + B + C}$ 但し： 調査区域のカバータイプが3つに区分され、面積及びHSIがそれぞれA, B, C及びHSIがAh, Bh, Chである場合。
4	HU	Habitat Unit (ハビタットユニット)	調査区域全体の適性度(AHSI)に調査区域全体面積を乗じた値。調査区域の「質」と「空間」の視点から3次元的に評価した値。	$HU = THSI \times \text{調査区域面積}$
5	CHU	Cumulative Habitat Unit (累積的 HU)	経年的なHUの変化を加味した値。HUに時間を乗じた値。調査区域を質と量(面積と時間)の視点から4次元的に評価した値。工事着手時点、土工事完了時点、植栽完了時点、メンテナンス完了時点等、ハビタットの「質」と「空間」に影響を与える行為が予定される年のHUを予測し、それらの間のHUを直線補間して求める。	$CHU = \sum_{i=1}^P (THSI_i \times A_i)$ 但し： i : 年 P : HEP分析の期間(数10年~100年以上) THSI _i : i年目のTHSI A _i : i年目の調査区域面積

である。

2. HEP誕生の背景と目的

HEPは、正式名称をHabitat Evaluation Procedure(ハビタット評価手続き)という。その基本的な考え方は、複雑な生態系の概念を特定の野生生物のハビタットという土地(水域を含む)の広がりと直結した(area-based)概念に置き換え、そのハビタットとしての適性を定性的かつ定量的に評価するというものである。

HEPの誕生は、1969年に公布された世界最初の環境アセスメント法であるNEPA(National Environmental Policy Act, 国家環境政策法)と直結している。NEPAは「意思決定に当たり、(中略)現在は量化されていない環境の快適性及び価値に関して、適切な配慮を行なうこととを保証する方法及び手続きを(中略)明らかにし、策定すること」を連邦政府に要求した(第102条(1)B項)。これを受けて、多様な環境要素に対する多様な定量的評価手法が、環境アセスメントの実施を義務付けられた様々な連邦政府機関によって提案された。HEPはそのような手法のひとつである。

HEPの開発は、「すべての土地は野生生物のハビタットとして何らかの価値を有しており、その価値は1つの数値によって表示することが可能である」という仮説²⁾に端を発している³⁾。この基本的考え方が、野生生物資源や生態系の価値を貨幣価値としてではなく野生生物自体にとってのハビタットの価値を量化する手法を探していた連邦野生生物局(US Fish and Wildlife Service)のニーズに合致し、その後何度も改良され、1980年に現在のマニュアルが出来上がった⁴⁾。

このようにHEPは、開発による生態系破壊及び復元・創造を定量的に評価するという極めて現実的ニーズをかなえるものとして誕生した実戦的手法である。WETやHGM等の他の生態系評価手法がウェットランドという限られた生態系タイプだけを対象とするのに比べ、①HEPは基本的に陸域、水域、ウェットランドとどのようなタイプでも使用可能であること、また、②生態系の価値をそこに生息する野生生物にとってのハビタットの適性度という視点でみる「ハビタット・アプローチ」の手法であること、③米国の定量的生態系評価手法としては最も初期に登場しきつ現在に至るまで改良が続いていること、などの理由か

ら米国全州で最も使われている生態系評価手法である。米国以外では、カナダ、イギリス⁵⁾、オーストラリアにも伝播しつつある。

3. HEP メカニズムにおける 4 つの評価視点

表-2 は HEP で使われる指標とその分析方法を整理したものである。HEP 調査は、1 番の SI から 5 番の CHU に向かって進む。HEP そのものの手続きについては既に拙論で詳説した⁶⁾⁷⁾のでそちらを参照されたい。ここでは表-1 に示した 4 つの概念が、HEP メカニズムにおいてどのように考慮され、最終的な総合的評価に結びついているかを明らかにした。

(1) 主体

HEP における主体は、野生生物種に限られる。表-2 に示した指標は、選定された複数の野生生物種（通常、3～20 種程度）に対して分析される。

評価対象種の選定基準は様々であるが、①「市民の興味が高く、経済的価値が高い種」と②「生態的にその地域の生態系を広く代表する種」の 2 つに大別できる。日本では③「希少な種」という基準も特に第 3 の基準として含む必要がある。通常は①や②の内容についての点数付けするマトリックス評価で選定される。

特筆すべきは、このような評価対象種選定を含む HEP の全プロセスが、最低限、野生生物保全局（Resource Agency）側と事業所管全局（Regulatory Agency）側の双方からの専門家（コンサルタントによる代理も可）2 名からなる作業部隊（HEP チーム）の合意によって進められるということである。

(2) 質

HEP において「質」が考慮されるのは、表-2 の「SI（Suitability Index, 環境要因適性指数）」と「HSI（Habitat Suitability Index, ハビタット適性指数）」のモデル分析においてである。

まず、ハビタットの「質」を規定する個々の環境要因とハビタットの適性の相関関係を明らかにした SI モデルを作成する。

例えば、ある種のタカは餌取の狩場の状況として草本や低木の高さが 70cm ぐらいまでは良いが、それを超すと高くなるにしたがって不適切なものとなる。汽水域に生息するスズキの仲間が包卵する適性水温は 17°C から 19°C までの間であり、それ以下でもそれ以上でも包卵しない。また、ある種のウサギのハビタットとして高木林の樹冠被度が 25% から 50% は最適である等々。このような環境特性を SI モデル化したものを種ごとに複数モデル準備する。

複数の SI モデルを総合的に判断したものが HSI モデルであり、これも SI 同様、0（まったく不適）から 1（最適）の範囲で評価される。

現在、米国の連邦レベルで 250 種以上の野生生物種に関する HSI モデルが公表されている。公表されていない種を選定した場合には、専門家による既存資料の収集、整理によってモデル化されるが、十分な既存資料もない場合には、実際にフィールド調査を行なうことになる。

(3) 空間

HEP において「空間」が考慮されるのは、表-2 の「AHSI（Average Habitat Suitability Index, 平均 HSI）」と「HU（Habitat Unit, ハビタットユニット）」の分析段階においてである。

ハビタットの「質」を表わす HSI は、スギ林、コナラ林、休耕田、市街地、干潟、磯等の調査区域内のカバー（被覆）タイプごとに算出される。それぞれのカバータイプの面積比率により HSI を加重平均したものが AHSI であり、それが調査区域全体の HSI を示すことになる。

次に AHSI に調査区域面積を乗じたものが HU となる。このように、HU は、評価対象種のハビタットの「質」と「空間」の情報が含まれた値である。

(4) 時間

HEP において「時間」が考慮されるのは、表-2 の「CHU（Cumulative Habitat Unit, 累積的 HU）」の分析段階においてである。

HU はある瞬間の値であり、これを経年に累積した値が CHU である。CHU を求めるためには、ある程度明確な生態系復元工事計画及びメンテナンス計画を必要とする。米国の環境アセスメントに伴う代償ミティゲーションとしての生態系復元・創造事業は、事業者による実施計画やモニタリング計画（目標設定や成功基準を含む）の事前提出が義務化されている⁸⁾。

実際には、工事開始年、植栽開始年、植栽修了年、メンテナンス修了年などの各年における HU を求め、それを直線補間して CHU を求めている。

正確な CHU を求めるためには、ハビタットの適性を左右するような工事や作業がいつ、どこで、どのくらいの規模で実施され、その結果どうなるのかという情報が必要になる。例えば、ヤナギ林は植栽 5 年後でどれくらい樹高が伸びるか、300 本植栽したカシのポット苗は何% 活着し、3 年後には何% 生き残るのか等の経験に基づいた予測を行ない、これらの予測値を SI モデルに照らし合わせ、将来的 SI, HSI, HU を予測していく。

本来の HEP 手続きでは、開発により消失する生態系と代償ミティゲーションとして復元・創造される生態系の両サイトにおいて、開発事業がある場合とない場合のそれぞれのケースで、即ち合計 4 つの CHU が求められる。そして開発サイトの「net loss」と代償ミティゲーションサイトの「net gain」が等しくなるような、（即ち「no net loss」）生態系復元・創造を代償ミティゲーションとして

認めるという仕組みである。

4. 日本の生態系復元評価に対する提言と今後の課題

これまで見てきたように、HEPにおいては、生態系復元の評価に不可欠であると考えられる「主体」ごとの「質」×「空間」×「時間」という概念が十分考慮され、最終的評価(CHU)に直接、結びついており、生態系復元事業における妥当性が示唆された。

しかし、一方で、HEPはHSIモデル構築が複雑過ぎる、HSIモデルを構築するのに十分な既存研究がないなどの批判が出ていることも事実である。現に、HEPは米国の生態系評価で最も使われているとはいえ、そのほとんどがHSI算出を簡略化した「修正HEP(Modified HEP)」である。

結局、HEPは野生生物の視点からのハビタット・アプローチによる唯一の生態系評価手法(PAM HEP等、HEPを簡略化した手法は存在している)である点を十分、認識しつつも、その「質」×「空間」×「時間」という基本的メカニズムを壊さない程度に、日本の状況に合わせて簡略化して応用していくことが現実的であると考えられる。今後の日本における生態系復元事業の評価に対しては以下のような事柄に留意する必要があろう。

- ・開発に伴う代償ミティゲーションとしての生態系復元事業か、単体としての独立した生態系復元事業かを明確に区別すること。
- ・生態系復元事業では、計画策定時に「目標」と「成功基準」、成功基準を計量するための「モニタリング手法」を明らかにしておくこと。
- ・生態系復元事業の「目標」、「成功基準」及び「モニタリング手法」に、「主体」ごとの「質」×「空間」×「時間」という4つの評価軸を含めること。
- ・生態系復元事業の「目標」では、野生生物のハビタット保全(保存、保全・利用、復元・創造等)を含む多様な目的を用意し、その中の優先順位を明らかにしておくこと。
- ・HEPを使う場合、SIやHSIの構築のための調査に必要以上に時間と手間をかけることなく、実質的なハビタット保全活動に活かすことに注力すること。

おわりに

冒頭で述べたように、今、日本ではビオトープ復元・創造活動などの、生態系復元が盛んになりつつある。しかし、既存事業の中には計画策定時に定量的な目標設定が行なわれていなかったものも多く、復元・創造段階から維持段階に移りつつある今になって「何をもって成功といえるか」という根源的問題に直面しているところも少なくない。特に公共事業としての生態系復元事業に対しては今後、費用対効果と合わせて生態的評価の説明責任が求められること

になろう。

計画策定時に「目標」がなければ「成功基準」もなく、目標が「定量的」でなければ成功基準も「定量的」であり得ない。成功基準が「定量的」でなければ、モニタリング手法も「定量的」であり得ない。結局、生態系復元の計画策定時点から、「主体」ごとの「質」、「空間」、「時間」という評価軸を導入することが重要である。

野生生物を保全するためには、そのハビタットの定量的な確保が不可欠である。そのようなニーズにHEPは十分に応えることができる手法である。HEPの基本的メカニズムを維持しつつも、日本の現実に合った実現可能な日本版修正HEPの多方面での試みを期待する。

引用文献

- 1) Tanaka, Akira (2001): Changing Ecological Assessment and Mitigation in Japan: Built Environment 27(1), 35-41
- 2) Deniel, C. and Lamine, R. (1974): Evaluating effects of water resource developments on wildlife habitat: Wildlife Society Bulletin 2, 114-118
- 3) Schamberger, Melvin L. and Kumpf, harman E. (1980): Wetlands and wildlife values. A practical field approach to quantifying habitat values. Estuarine Perspectives 37-46
- 4) U.S. Fish and Wildlife Service (1980): Habitat Evaluation Procedures (HEP): U.S. Dept. of Interior, Fish and Wildlife Service, Ecological Service Manual 101, 102 and 103, 368pp
- 5) Treweek, Jo (2000): Ecological Impact Assessment: Blackwell Science, 351pp
- 6) 田中 章 (1998): 生態系評価システムとしてのHEP:島津 康男編 環境アセスメントここが変わる:環境技術研究協会, 81-96
- 7) 田中 章 (2000): 環境影響評価制度におけるミティゲーション手法の国際比較研究: ランドスケープ研究 62(5), 170-177
- 8) 田中 章 (1999): 米国の代償ミティゲーション事例と日本におけるその可能性: ランドスケープ研究 62(5), 581-586

Summary: Currently, ecological restoration activities including "biotope creation/restoration projects," "compensatory mitigation projects" have been popular in Japan. However, success criteria on these activities were not clearly defined. Ecological restoration activities must have clear success criteria that directly relates to their goals/objectives.

This paper reviewed mechanisms of Habitat Evaluation Procedures (HEP) that are very popular in the U.S. to identify possible success criteria on ecological restoration projects. The study showed there were three basic parameters such as "quality," "space," "time," that were used in HEP,

In conclusion, such basic ideas of HEP will fit for ecological restoration projects to establish their goals/success criteria as well as to evaluate impacts on ecosystems both of development site and of compensatory mitigation site in Japan.

(2001.12.28 受付, 2002.2.22 受理)