

武藏工業大学

環境情報学部



第四回

特集：環境情報学 -2

2003no.4

自然消失と自然復元を時空間の軸で評価する

-代償ミティゲーションとその評価手法 HEP-

田中 章¹

序

人間活動は経済開発という名のもとに、長い歴史の中で地球上の海、河川、湖沼、湿地、草原、森林等の様々な自然生態系を消失させてきた。その代わりにコンクリートやアスファルトなどの人工物に覆われた都市域（都市及び都市近郊）を拡大し続けている。その結果、我々の環境が悪化しているというのは事実である。しかし経済開発は悪である、というのは早計である。都市域の豊かさを実現しつつ環境を保全するためには、従来とはまったく別の道を歩まなければならない（大野・エバンス、1992）。

従来の「開発か保護か？」という対立構造での議論には限界がある。なぜならば、いったん開発が必要となれば開発が最優先し、その開発の環境配慮についてほとんど考慮されないまま実行されうる。反対に、いったん開発が必要ではないとなればすべての開発が否定され、自然は「アンタッチャブル」とされる。これでは開発と自然保護のバランスを図ることは不可能に近く、結果として開発が集中し自然が消失した都市域と、インフラ整備に取り残されたことで自然が残る地方とができるがことになる（図1参照）。

ではどうすべきか。「Sustainable Development（持続可能な開発）」がその回答であることは、1992年の地球サミット¹以降、万人の認めるところである。では、何をもって「持続可能な開発」と言える

のか？である。それは、環境配慮が十分に統合された開発を形成すること、あるいは、開発と保護の適切なバランスを実現することである。本稿では、この人類永劫の課題に対して、「Ecologically Sustainable Development」と、「Ecological（生態的）」な視点からの回答を試みるものである。

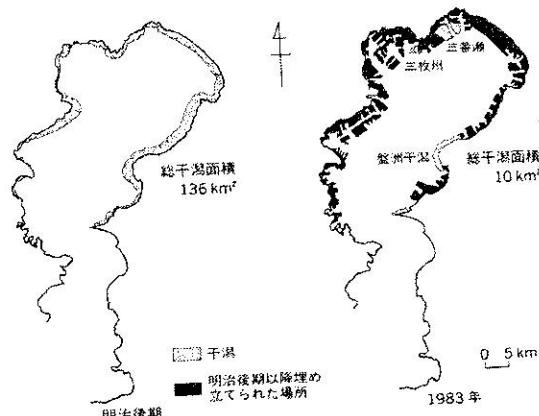


図1 消失し続けてきた東京湾の干潟 出典：環境庁（1990）

1. 自然生態系復元・創造の新しい潮流

近年、大規模なところでは釧路湿原などの自然再生型公共事業、小規模なところでは各地の小学校や公園におけるビオトープ²再生活動などの自然生態系復元・創造活動（以後、「自然復元」と称する）が盛んになっている。また、埼玉県志木市や静岡県清水市興津川流域のように、開発による緑地の消失に対して、消失した面積の緑地を別の場所に人間の手によって復元・創造するという「代償ミティゲーション」を義務づけた条例が制定され始めている。

自然復元は、開発サイド（「第五次全国総合開発計画」、1998）においても環境保護サイド（新生物多様性国家戦略、2002）においても21世紀の国策の柱として期待されるようになっている。最近では、議論はあるが、「自然再生推進法案」が国会で採択されようとしている。

一方、大規模開発に伴う環境アセスメント制度においては、1999年施行の「環境影響評価法」により、開発により貴重な自然を破壊することについて、まず「回避」できるか検討し、「回避」できない場合

1 武藏工業大学環境情報学部助教授

には破壊の規模や程度を「最小化」することを検討し、「回避」も「最小化」もできない場合にはやむをえず「代償」しなければならないという3種類のミティゲーション方策（環境保全措置）とその優先順位が規定された（図2参照）。もともと環境アセスメントの対象になる事業は、環境に甚大な影響があることが明らかな大規模事業である。従って、今後、実施される環境アセスメントにおいては「代償ミティゲーション」としての自然復元事業が義務化されるであろう（tanaka, 2001）。

図3は環境アセスメントの報告書を審査する際のフローとして、筆者が海外経済協力基金（現国際協力銀行）用に作成したものである（海外経済協力基金、1999）が、今後、日本国内の環境アセスメントも同じ流れになっていくものと考えられる。このフローによると、環境アセスメントとは、予想される環境影響と、それらを「回避→最小化→代償」の順で検討した結果、即ち、ミティゲーション方策とを比較できるようになりやすく、淡々と示す情報公開ツールであるといえる。

いずれにしても、戦後の高度成長期における経済最優先の国策により都市域の自然が壊滅的に失われてきた日本における自然復元政

策への転換はおおむね認められつつあり、自然復元は時代の大きな流れになったといえる（武内、1994）。

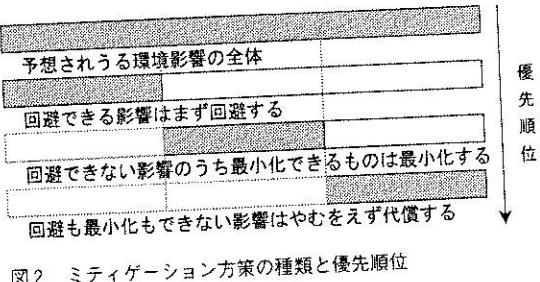


図2 ミティゲーション方策の種類と優先順位

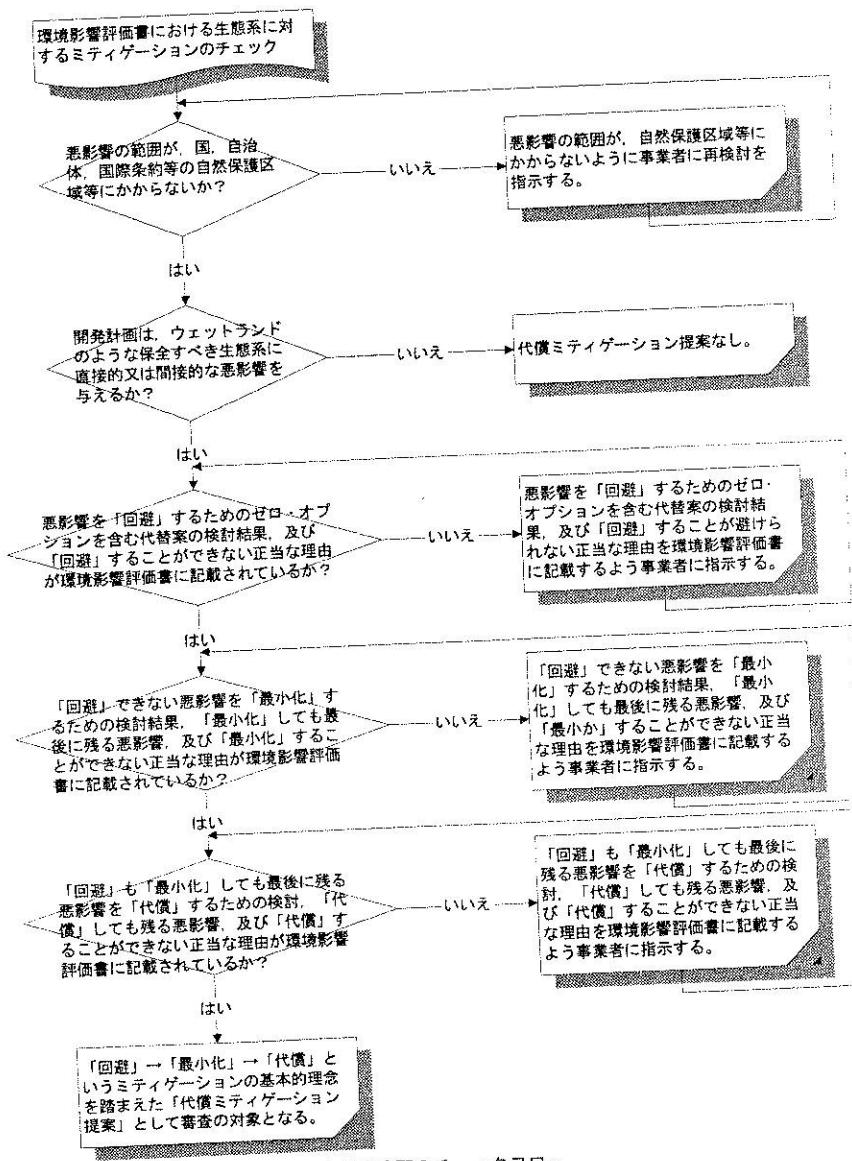


図3 環境アセスメント報告書の生態系分野のチェックフロー

2. 生態系評価の必要性

このように日本においては様々な自然復元が盛んになりつつあるが、その一方でさらなる問題が顕在化し始めている。それは自然復元は良いが、「いったい何を根拠に自然復元した、と言えるのか？」という問題である。

日本は世界の先進国の中では最も高温多雨な地域である。したがって、植生の回復する力は極めて強い。植生を剥ぎ、どんなに表土をほじくり返しても、雨が降れば何らかの雑草や雑木の「みどり」に覆われる。しかし、代償ミティゲーション事業や自然再生型公共事業、あるいはビオトープ再生事業としては、単に草が生えて「みどり」になっただけで良いのだろうか？何をもって自然を復元したと言えるのだろうか？

自然復元事業が明確な成功基準の設定のないままに進められると、せっかくの本来の目的がかすみ、事業主の自己満足だけのためのものになりうる。各自治体や学校などでビオトープ再生活動が盛んであるが、いったいどのようなビオトープ創造を目標にしているのか。貴重な税金を使って単にトンボが飛んでくる池を作ればそれで良いのだろうか？³公共事業の場合、費用対効果についての説明責任もあり、最も効果的な自然復元手法を選択しなければならない。その場合、どうやって「最も効果的」かどうかを評価するのか？

明確な成功基準のない代償ミティゲーションは、開発事業のいわゆる「免罪符」に使われる可能性もある。つまり、開発事業者は、代償ミティゲーションとしての自然復元ができるだけ簡単にすまし、「このような自然復元をやったのだからこの大規模開発を許してくれてもいいじゃないか」という事業者のエゴを許すことにもなりかねない。これは1990年代に名古屋市の藤前干潟におけるゴミ処分場建設に伴う干潟埋立事業において実際に起こったことである。結局、成功基準のない自然復元を安易に進めることは、必要な自然復元そのものの真価が疑われることになる。

ところで、筆者は国内外でいくつかの環境アセスメントに従事した後、1989年から1992年にかけて米国カリフォルニア州ヨーロー郡サクラメント郊外において、ウォーターフロント開発の環境アセスメントと当開発により消失する河川生態系の復元を目的とした代償ミティゲーション事業にミティゲーション・プランナーとして従事した（田中, 1999）。そこで、開発により消失する河川生態系と人間の手で創造する河川生態系を比較評価する方法の検討が行われ、その過程の中で本稿のテーマである HEP と出会った。その後、帰国してから環境影響評価法の制定に関わり、米国で制度化されていた「回避→最小化→代償」というミティゲーションの種類と優先順位の導入に微力を尽くした（田中, 1998a）。

本稿は、今日の日本における自然復元活動の活性化とその評価手法の確立が急務であることを踏まえ、「いったい何を根拠に自然復元したといえるのか？」という問い合わせに対する根拠として極めて科学的な回答を提供しようとされる米国の定量的ハビタット評価手続き、「HEP」について分析したものである。

なお、「HEP」は、今後の日本の環境アセスメントの生態系評価において重要な役割を担うと考えられていることから（環境省, 2002）、筆者が勤務する武藏工業大学環境情報学部の授業、「環境情報分析」の中で扱う予定である。

3. 自然復元事業の「目標」と「成功基準」

実際の自然復元活動の目的には、レクリエーションの場の創出、景観保全、防災、環境教育や市民参加の場の提供（森, 1999）等々、多様であるが、それらはすべて自然復元そのものが実現できた上ででの二次的な目的ということができる。従って、多様な自然復元の目的はあっても、自然生態系を復元するという生物多様性保全⁴の目標は必ずそれらの基盤にしておくべきものといえる。

自然復元の目標は、食物連鎖を踏まえたピラミッド型の生物の種組成を完全に復元することを理想と

すべきではある。例えば、緑色植物などの生産者、それを食べる1次消費者である昆虫類、それを食べる小型のは乳類、鳥類、は虫類、両生類、昆蟲類など、そしてそれらを補食する猛禽類。これらの動植物が死ぬと掃除役の生物に食べられ、最後は微生物に分解され、また栄養源として植物に吸収される。自然復元とは、このような生態系内の食物連鎖、物質循環、エネルギーフローを復元することではある。

しかしながら、これら生態系のすべてを細部にわたり評価していくことは現実的ではなくまた不可能である。そこで、ある要素が復元できれば生態系の全体もほぼ復元できたと考えられるような要素を選んで評価対象とすることが行われている。即ち、指標生物による評価である。生態系の場合、多様な生物種が相互に関係しているが、食物連鎖のピラミッドの上位にある生物種は、その基盤となるピラミッドの下位の生物種群が健全でなければ生存できない。従ってこのような生態系の上位にある野生動物種を自然復元の評価対象とすることは合理的である。我々人類も生物である以上、生態的に健全な生態系を基盤とした環境にしか、中、長期的には、生存できない。

次に、ある野生動物種が保全されるか否かは、何によって規定されるのであろうか？例えば、日本によって規定されるのであろうか？例えば、日本のようにその種を隔離して人工授精して増殖でトキのようにその種を保全したと言えるのだろうか。否、されば、その種を保全したと言えるのだろうか。否、トキの必要とするハビタットを保全できなければトキを保全したとは言えない。真に絶滅寸前の日本産トキは極端な例ではあるが、この場合でも、中国産トキとの間で増殖が順調に進めば、次の課題は、トキを野生の状態で保全すること、すなわちトキのハビタットを確保することである。例えば、トキが食べるドジョウや小魚などが農薬の汚染がなく健全な状態で生息できる水田などの湿地が確保されなければならぬ。トキが営巣するのに適した樹木が人間や他の動物に邪魔されない場所に生育しているような土地が確保されなければならない、等々。

そこで「野生動物種のハビタットを確保する」と

いう目標に着目してみたい。この命題は、「自然を復元する」という命題に比べれば極めて具体的にはなっているが、どういう動物のどういうハビタットなのかが依然として不明である。

例えば、「トキのサンショウウオのハビタットを保全する」という大目標を実現するために、産卵の場所と幼生の成長のために谷津田のような浅水域を最低でも〇〇ha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××ha以上を確保するという具体的な小目標が必要になってくる。

このような「質」や「空間」（面積や配置）という概念については、従来の環境アセスメントでもある程度、考慮されることもあった。しかし、次の「時間」という概念にはほとんど注意が向けられていないのが現状である。

例えば、トキのサンショウウオのハビタットの確保のための自然復元事業が1年後に完成するのか、10年後に完成するのか、というような「時間」の情報である。トキのサンショウウオの移動能力範囲内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、当該地域のトキのサンショウウオは「家なき子」となり、後者であれば確実に当該地域のトキのサンショウウオは絶滅することになる。

結局、自然復元事業の目標は、「何を」、「どこに」、「どれぐらい」、「どのように」、「いつ」、復元・創造するのか？という情報、言い換えれば、「主体」との「質」×「空間」×「時間」という具体的なレベルにまでブレークダウンする必要がある（表1参照）。同時に、自然復元事業の成功基準も、同様の

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	どの野生動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？

評価軸で評価されることが重要である⁶。実は、米国で誕生した HEP はこのような評価軸を取り入れた合理的な手法である。

4. 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の広がりと直結した概念に置き換え、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) に由来する。NEPA は行政の「意思決定に当たり、(中略) 現在は定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 (同法第102条(1)B 項)。これを受け、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」 (Daniel and Lamine, 1974) という生態学的上の仮説に端を発している (Schamberger and Kumpf, 1980)。この基本的な考え方は、当時、生態系の価値を貨幣価値としてではなく野生生物にとってのハビタットの価値として定量化する手法を探していた連邦野生生物局 (US Fish and Wildlife Service) に認められ、その後何度かの改良を経て、1980年に現在の HEP が出来上がった (U.S. Fish and Wildlife Service, 1980a)。

このように HEP は、開発による生態系破壊及びその代償ミティゲーションとしての自然復元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

ために誕生した。最近、日本でも紹介され始めた WET や HGM⁷等の他の生態系評価手法は、ウェットランドという限られた生態系だけしか使うことができない。これに対し、HEP は、①陸域、水域、ウェットランドとどの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初期に登場しつ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普及している生態系評価手法である。米国以外でも、カナダ、イギリス、オーストラリアにも伝播しつつある (Treweek, 2000)。

5. HEP における4つの評価視点

HEP の全プロセスは、田中 (1998b) に詳しいので省略するが、ここでは表1で示した自然復元事業に不可欠な4つの評価軸が、HEP の内でどのように考慮され、最終的な総合評価に結びついているのかを検証してみた。

表2は、HEP で使われる指標の全種類とそれぞれの分析方法をまとめたものである。HEP 調査は、1番の SI から 5番の CHU に向かって進む。以下、順を追って説明した。

特筆すべきは、HEP の全プロセスが、野生生物を保全する立場の野生生物保護を目的とする官庁 (Resource Agency) 側と、開発事業の許認可を行ったり自ら開発事業を行ったりする事業所管官庁 (Regulatory Agency) 側の双方から派遣された生態分野の専門家 (コンサルタントによる代理も可) 2名を最低限、含んだ作業部隊 (HEP チームと呼ばれる) の合意によって進められるということである。そのため、HEP のフローは「手続き (procedure)」と称される。

HEP は、環境アセスメントの中の生態系分野の中の一手法であり、HEP の結果は環境アセスメント報告書に掲載され、一般市民の判断を受けることになる。つまり HEP を使った環境アセスメントで

は、調査プロセス（HEP）と情報公開プロセス（環境アセスメント）との2段階で開発と保護のバランスを図る仕組みが用意されているのである。

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、食料、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モデルといふ。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。	$HU = AHSI \times \text{調査区域面積}$
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ている年のHUを予測し、それらの間のHUを直線補間して求める。	$CHC = \sum_{i=1}^p (AHSI_i \times Ai)$ 但し: I : 年 P : HEP 分析の期間(数10年~100年以上) AHSI : i年目の AHSI Ai : i年目の調査区域面積

(1) 「主体」(評価の対象) の評価軸

HEPにおける主体は、野生動物種に限られる。⁸これは、植物種であればそれを保全するためには適切な立地に必要な量を植栽すればよいわけであり、特に複雑なモデルを必要としないからである。

動物種の場合、そのハビタットを確保できたか否かを判断することは難しく、HSIのように複数のモデルによって複雑系を単純化する評価手法が必要になる。

表2に示したHEPで使われる指標は、選定され

た複数の野生動物種(通常、3~20種程度)ごとに分析される。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。

いずれにしても、HEPでは、どの野生動物種を保全したいのか?という人間側の明確な目的意識がなければ実施できない。漠然と自然復元するというような意識は通用しない。いったん評価対象種が選定されれば、その種のその地域での保全を確実にす

るための様々な具体的な施策（回避、最小化、代償の各ミティゲーション）が行われることになる。

(2) 「質」の評価軸

HEPにおいて「質」が考慮されるのは、「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」を左右する個々の環境要因をピックアップし、それぞれの要因とハビタット適性との相関関係を明らかにする。

例えば、ある種のタカにとって、餌捕りのため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ればなるほど餌が捕れないようになる。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。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。このような特性をモデル化したものがSIモデルである。SIモデルは、0（まったく不適）から1（最適）の範囲で表現される。

図4は、ウサギの一種の林冠密度とハビタット適正の関係を示したSIモデルである(U.S. Fish and Wildlife Service, 1980b)。このSIモデルでは、このウサギは林冠密度が25%から50%までの林にはよく生息するが、それ以下でも以上でも少なくなるということを示している。

このようにSIモデルはある特定のひとつの要因に対する傾向である。そこで、できるだけ現実のハビタットの状況を評価に反映させるためには、ひとつの評価対象種に対し、複数のSIモデルを用意する必要が出てくる。

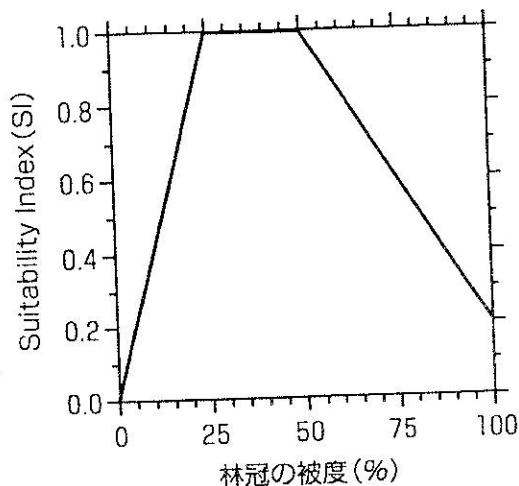
例えば、アサリは、水温だけではなく、塩分濃度、溶存酸素、水流などに影響される場合、水温のSIモデルだけではなく、これらの要因に対してそれぞれSIモデルが必要になる。

必要最低限の複数のSIモデルが集まつたら、こ

れらを総合的に判断する。これをHSIモデルという。これもSI同様、0（まったく不適）から1（最適）の範囲で表現される。複数のSIモデルを一つのHSIモデルに統合する方法はあくまでも生態学的な判断による。

現在、米国の連邦政府レベルで250種以上の野生動物種のHSIモデルが公表されている⁹。公表されていない種を評価対象種とする場合には、専門家による既存資料の収集、整理によって新たにHSIモデルを作成することになる。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わなければならない。いずれにしても、HSIモデルの作成は、その野生動物種の専門家の判断によらなければならぬとされている。HSIモデルを使う場合、そのモデルを公表しなければならないが、その文書には作成した専門家の氏名、引用したすべての既存モデルや文献を示さなければならない。

HSIモデルの段階で、ある「主体」(評価対象種)のハビタットの「質」が明らかにされる。



出典：U.S. Fish and Wildlife Service (1980b)
図4 ウサギの一種のSIモデル（実例）

(3) 「空間」の評価軸

HEPで対象とする「空間」は、環境アセスメントの場合には、開発事業により消失する自然生態系の空間（開発サイト）と、その代償ミティゲーションとして計画される自然復元事業の空間（代償ミ

ティゲーションサイト) の 2 カ所である。

開発サイトも代償ミティゲーションサイトも通常は、複数のカバータイプから構成されている。カバータイプとは、植生、水域などの地表を覆っているものである。陸域では一般的な植生図で代用できる。沿岸域では、必要に応じて、磯、砂浜、藻場などに分類される。

ところで、ハビタットの「質」を総合的に表わす HSI は、調査地域のカバータイプごとに算出される。そこで開発サイトあるいは代償ミティゲーションサイトの全体の HSI (= AHSI) を算出する必要が出てくる。AHSI (Average Habitat Suitability Index、平均 HSI) は、それぞれのカバータイプの面積比率によりそれぞれの HSI を加重平均したものである。

次に AHSI に開発サイト面積あるいは代償ミティゲーションサイト面積を乗じたものは、HU (Habitat Unit、ハビタットユニット) と呼ばれる。従って、HU は「質」(AHSI) × 「空間」(面積) ということができる。このように、HU には、評価対象種のハビタットの「質」と「空間」の情報が含まれている。

ここまで来れば、開発サイトの HU と代償ミティゲーションサイトの HU が等しくなるような代償ミティゲーション(自然復元)を行うことが重要であることは理解できよう。しかし、HEP の合理的なところはこの「質」と「空間」の検討だけでは終わらないところにある。それは、冒頭のトウキョウサンショウウオの例で述べた「時間」の概念である。(後述する「ノーネットロス」を参照。)

(4) 「時間」の評価軸

時間という視点からみてみると、HU、AHSI、HSI、SI のどれもが、ある瞬間を切り取った場合の指標であり、ここには「時間」あるいは時間の流れの概念は存在していない。自然復元事業を評価する HEP では、時間とともに変化する野生動物のハビタットを考慮するために、CHU (Cumulative Habitat

Unit、累積的 HU) という単位を最終的な評価値としている¹⁰。

CHU を求めるためには、まず、開発サイトと代償ミティゲーションサイトとで起きるであろう様々な事象(ハビタットに影響を与える行為)を事前に整理する。

例えば、開発サイトにおいては、いつ樹木を伐採するのか、代償ミティゲーションサイトにおいては、いつ植栽工事やメンテナンスを行う予定なのか、といった情報である。理論的には、復元しようとする自然生態系が完全に復元するまでの期間を仮に 100 年だとすれば、100 年間の HU の変化を予測するのである。実際には、要所要所の HU を直線補間することによって CHU を求めている。

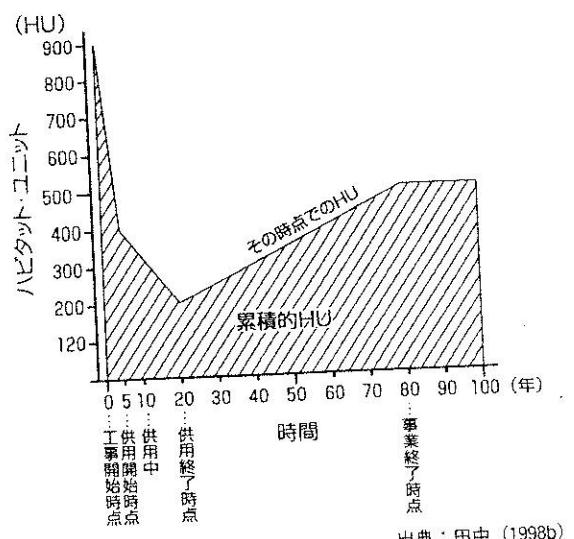
図 5 に HU と CHU の関係を示した。これは、二次林におけるゴミ処分場開発と供用に関する HU の経年変化を表現したものである。グラフの縦軸はハビタットの値 (HU) の変化を、横軸は時間的経過を示している。まず、工事開始時点(0 年)には 900HU だったものが、土工事等によって一気に低下し、供用(ゴミ埋立て)開始時点(5 年後)には 400HU になっており、その後、ゴミの埋立て作業、ゴミ運搬車両の行き来などできらに HU は低下し、最終的にゴミ埋立てが修了した時点(20 年後)では 200HU までに低下する。供用修了後、表土復元、植栽などのメンテナンスを 50 年実施するため HU は 500 度程まで回復する。その後は、植生が自然に回復するとともに野生動物なども戻り、生態系は徐々に復元されていくので HU は漸増していく。しかし、100 年単位ではもともとの 900HU までに至らない。

HEP では、このように開発事業計画における重要な時点(この例の場合は 0、5、10、20、80、100 年後)における HU を検討し、HU の経年変化を表現していく。図 5 における HU の経年変化の積分値(図中の斜線部分)は累積的 HU (CHU) を示している。

このように、HEP を用いることにより、開発事

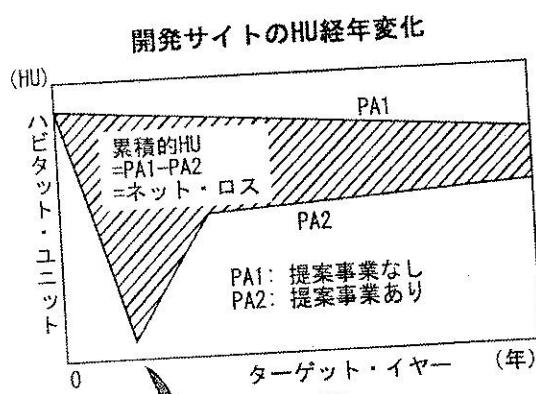
業者は、将来にわたる明確な開発工事計画及び自然復元工事計画の全貌を公開することを強いられる。米国の環境アセスメントでは、事前に代償ミティゲーション計画やそのモニタリング計画（目標設定や成功基準を含む）の提出が事業者に義務づけられており（田中, 1999）、HEP の生態学的面だけではなく、情報公開ツールとしての側面を理解することなく、情報公開ツールとしての側面を理解することは、即が重要である。HU のカーブを作成することは、即ち、開発と代償ミティゲーションの具体的なスケジュールを情報公開することに他ならない¹¹。

結局、HUまでの解析において、「主体」ごとの「質」×「空間」が考慮され、CHUによって、それに「時間」の概念が追加されるのである。

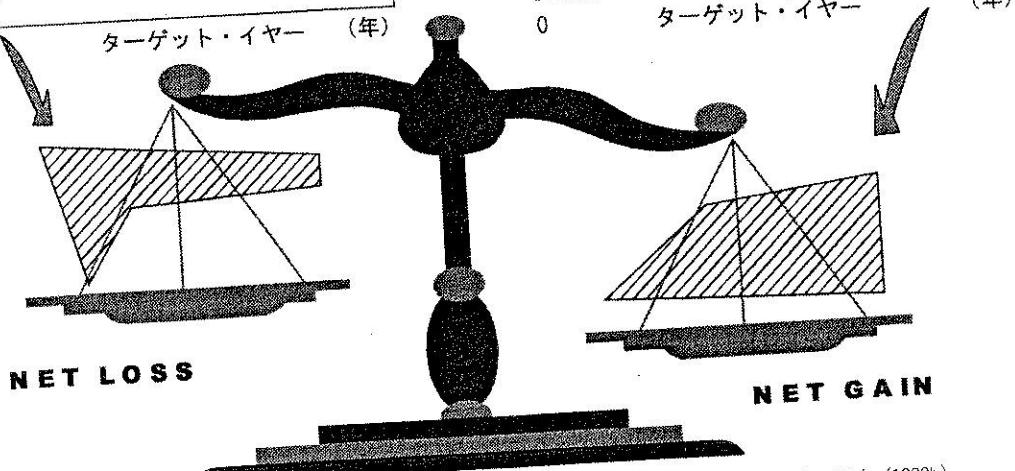
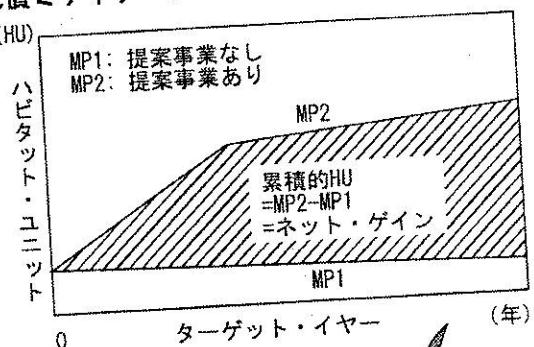


出典：田中（1998b）

図5 HUと累積的HU(CHU)の関係



代償ミティゲーション・サイトのHU経年変化



出典：田中（1998b）

図6 HEPでみるノーネットロスの概念

(5) ノーネットロスという定量的目標

本来の HEP 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（図 6 参照）。開発がある場合とない場合の差は、開発サイトの場合は「net loss」（損失の総量）であり、代償ミティゲーションサイトの場合は「net gain」（利益の総量）である。

そして開発サイトのと代償ミティゲーションの「net loss」と「net gain」が等しく、バランスが取れている状態を「ノーネットロス (no net loss)」¹² と呼び、米国の代償ミティゲーション事業ではこの状態を実現するように義務づけられる。例えば、50ha の干潟を開発により埋め立てる場合、同様な干潟を 50ha 造成すれば良いわけではない。50ha の新設干潟が生態的にも成熟し、埋め立てられた干潟と同様の機能を有するようになるためにはそれ相応の時間が必要である。その時間差分、「net loss」は増加する。従って、50ha の干潟の消失に對して、150ha の干潟の造成を義務づけられるようなことも起こるのである。このような結果、図 7 で示したように米国では自然復元の速度が開発の速度を上回ることもある。

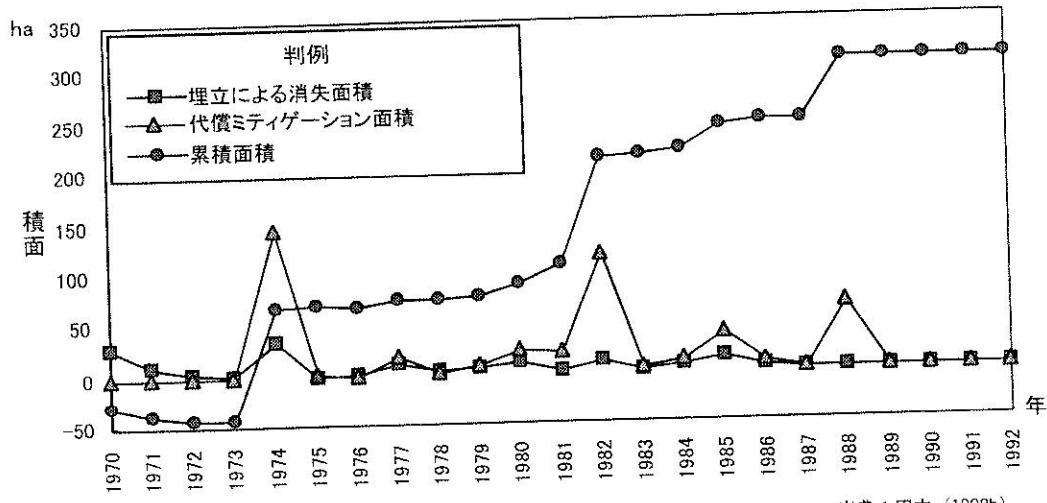
6. おわりに

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ており、自然復元事業における HEP 適用の合理性が明らかになった。

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、日本の都市域のようにモザイク状に乱開発された場所での適用は困難であるなどの批判も出ている。実際、米国でも、HEP は最も普及している生態系評価手法であるとはいえるが、そのほとんどが HSI 算出を簡略化した「修正 HEP (Modified HEP)」であるのも事実である。

結局、HEP は実質的な生態系保全を目的としたハビタット・アプローチによる唯一の定量的な生態系の評価手法である点を十分、認識することが重要である。同時に、「質」×「空間」×「時間」という HEP の基本的メカニズムを壊さないように、日本の実状に合わせて簡略化を検討していくことが現実的である。

今後の日本における自然復元事業の評価に対しては以下のようないくべき事柄に留意することが肝要である。



出典：田中 (1998b)

図 7 サンフランシスコ湾における埋立面積と自然復元面積の変遷

- ・計画策定時に、開発に伴う代償ミティゲーションとしての自然復元事業か、独立した自然復元事業かを明確に区別すること。
- ・計画策定時に、「目標」と「成功基準」を明らかにしておくこと、また、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。
- ・自然復元事業の「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。
- ・自然復元事業の「目的」は多様であっても、その中には必ず動物のハビタット保全という目的を含めることによって、より生物多様性の保全に寄与すること。
- ・自然復元事業の多様な目的の優先順位を十分検討し、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不必要に時間と手間をかけることなく、必要最低限で最大の効果を生み出すことを考えること。
- ・HEPは生態学の学問的調査ツールではなく、開発と保護のバランスを図るための、実践的なツールであり、その側面を十分に理解した上で用いること。
- ・HEPの表面的な技術論だけではなく、HEPのような手続きが生まれた米国の背景を十分に理解した上で用いること。(米国の法的背景については、田中(2002)を参照されたい)

冒頭で述べたように、自然復元事業は今後も加速化されるであろう。しかし、既存の自然復元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いものも多い。

本学部がある横浜市などのように、先行して多くのビオトープ創造活動を実施してきたところでは、既に復元・創造の工事段階から維持段階に移りつつあるものも多い。今頃になって「いったい何を根拠

に自然復元した、と言えるのか?」という根源的問題に直面するところも少なくないのではないか。特に公共事業としての自然復元事業に対しては今後、費用対効果と合わせて生態的効果や評価についての説明責任が求められることになる。

当たり前のことではあるが、計画策定時に「目標」がなければ、将来の「成功基準」もない。その際の目標が「定量的」でなければ成功基準も「定量的」ではあり得ない。成功基準が「定量的」でなければ、モニタリングの方法も「定量的」であり得ない。結局、自然復元の計画策定段階から、「主体」ごとの「質」、「空間」、「時間」という評価軸を考慮し、それぞれに対して具体的なイメージを形成しておくことが重要である。HEPは、そのようなニーズに十分に応えることができる手法であるといえる。

一方、学校や公園のビオトープなど、既に維持段階にきている先行事例についても、後付けでも目標や目的を明確にして、HEP的な定量的評価を行い、市民に説明していくことが望まれる。

なお、今年設立された環境アセスメント学会(<http://www.jsia.net/>)では、生態系分野の評価手法やミティゲーションのあり方について検討する生態系評価研究部会が活動を始めており、HEPの日本での応用も研究されている。今後、各方面でHEPの応用例が出てくることを期待したい。

引用文献

- Tanaka, Akira (2001): Changing Ecological Assessment and Mitigation in Japan: Built Environment 27(1), 35-41
- Daniel, C. and Lamine, R. (1974): Evaluating effects of water resource developments on wildlife habitat: Wildlife Society Bulletin 2, 114-118
- Schamberger, Melvin L. and Kumpf, Harman E. (1980): Wetlands and wildlife values. A practical field approach to quantifying habitat values. Estuarine Perspectives 37-46
- U. S. Fish and Wildlife Service (1980a): Habitat Evaluation Procedures (HEP): U. S. Dept. of Interior, Fish

- and Wildlife Service. Ecological Service Manual101, 102 and 103. 368pp
- U. S. Fish and Wildlife Service (1980b): Habitat Suitability Index Models: Eastern Cottontail
- Treweek, Jo (2000): Ecological Impact Assessment: Blackwell Science, 351pp
- 大野輝之、レイコ・ハベ・エバンス (1992) : 「都市開発を考える－アメリカと日本－」、岩波新書 235pp.
- 海外経済協力基金 (1999) : 海外経済協力基金地域特性別環境チェックリスト 72pp.
- 環境庁 (1990) :かけがえのない東京湾を次世代に引き継ぐために
- 環境省 (2002) :国際シンポジウム環境アセスメントと生物多様性の保全－課題と展望－ 90pp.
- 武内和彦 (1994) : 「環境創造の思想」、東京大学出版会 198pp.
- 田中 章 (1998a) :環境アセスメントにおけるミティゲーション規定の変遷: ランドスケープ研究61(5)763-768
- 田中 章 (1998b) :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
- 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
- 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
- 田中 章 (2002) :米国のハビタット評価手続き "HEP"誕生の法的背景: 環境情報科学31(1)37-42
- 森清和 (1999) :生き物からの風景デザイン、進士五十八、他著「風景デザイン感性とボランティアのまちづくり」、学芸出版社 334pp.

注釈

- 1 地球サミットで採択された21世紀に向けての開発と環境の行動指針「アジェンダ21」(筆者翻訳)には、環境アセスメントの制度化の推進が明示された。日本での法制化はその流れの延長線上にある。
- 2 「ビオトープ」とはドイツ語の biotop で(漠然と複数の)生物種群の生息地の意味。ちなみに「ハビタット(habitat)」は英語で、ある特定の種の生息地の意味。
- 3 もちろんトンボが飛んでくる場所すら消失してしまつ

たということが、日本の都市域の根本的問題であり、自然のための用地を確保することは極めて望ましい方向性である。

- 4 生物多様性の保全とは、従来の貴重種保護に偏った政策ではなく、いわゆる里山にみられる普通種の保全、さらにはそれらのハビタットの保全も含める。
- 5 本稿では以下のように使い分けている。
保護 (protection) :そのままの形で保存する。
保全 (conservation) :復元や創造も含めた総合的な施策。レクリエーションなどに利用することも含む。開発と保護の中間型。ワイスユース。
- 6もちろん、公園のビオトープ等においては、教育、景観等の目的も重要であるが、それらもいくつかの野生生物種のハビタット確保という本来の目標が実現されなければ、本末転倒なものとなる。
- 7 HEP は野生生物保護を主管する連邦野生生物局 (U. S. Fish and Wildlife Service) による評価ツールであり、WET はウェットランドの開発許認可権を有する陸軍工兵隊 (U. S. Army Corps) の従来からのウェットランド評価手法。HGM は新しく開発された陸軍工兵隊のウェットランド評価手法である。
- 8 現実の日本の環境アセスメントにおいては、既に野生動物がほとんど消失している都市域が対象であることが多いこともあり、野生動物の実質的なハビタット保全にまで言及せず、植生や貴重植物個体の保全に関するコメントまでのものがほとんどである。その場合は植生を対象とすれば良い。
- 9 HEP の特徴の一つは、ある野生動物種についての HSI モデルや SI モデルを作ったら、一定の書式での公表が義務づけられていることである。公表されたモデルはその出典を示した上で誰もが使うことができる。
- 10 日本の環境アセスメントでいう「現況」が開発工事前のある瞬間の環境の状況のみを示すのに対し、NEPA の環境アセスメントでいう「Baseline」が開発工事がないと仮定した場合の環境の状況、即ち、現在から未来へと続く概念を示すという違いがある。
- 11 愛知県の万博アセスにおいて、HEP が使われていたら、事態はまったく違うものになっていたんだろう。現在進行中の沖縄普天間基地のアセスでもジュゴンを評価対象種として HEP を実施することが望まれる。
- 12 米国では、ウェットランドに対する「ノーネットロス政策」を前ブッシュ大統領、クリントン大統領、現ブッシュ大統領と続けて国策としてきた。

編集後記

環境情報学部は本年度から環境情報学科と情報メディア学科の2学科体制となり、多くの新しい先生をお迎えました。「紀要」も、先生方のご協力を得て、第4号を発刊できる運びとなりました。この号では、第3号に引き続いて、多分野にわたる先生方の異なる視点から、環境情報学とはどのような学問であるのかをレビューする「環境情報学・2」を特集しました。他にも多くの研究論文、調査報告をおいただきました。編集委員一同、感謝いたしております。

(山)

●編集委員長

岩村 和夫

●編集委員

鈴木 雄一
豊田 沖人
山崎 朝子

武藏工業大学環境情報学部紀要——第4号

2003年2月28日 発行

発行者：高田達雄

発行所：武藏工業大学環境情報学部

住所：〒224-0015

神奈川県横浜市都筑区牛久保西3-3-1

電話：045-910-2500

ファックス：045-910-2600

E-mail：office@yc.musashi-tech.ac.jp

印刷所：株式会社ポートサイド印刷

©2003 Faculty of Environmental and Information Studies, Musashi Institute of Technology

Printed in Japan

無断転載・複製を禁じます

本書は再生紙を使用しています。 デザイン：山口尊敏