

# トウキョウサンショウウオのハビタット適性指数 (HSI) モデル構築の取り組み

— 実測値を用いた妥当性検証と仮想事業への適用について —

Approach to Development of the Habitat Suitability Index Model of  
the Tokyo Salamander (*Hynobius tokyoensis*)

-Verification of the Model and Application of the Model to a Hypothetical Project-

○上杉章雄\*<sup>1)</sup>・雨嶋克憲\*<sup>2)</sup>・岡田圭司\*<sup>3)</sup>・栗原彰子\*<sup>4)</sup>・小松裕幸\*<sup>5)</sup>・  
松岡明彦\*<sup>6)</sup>・諸藤聡子\*<sup>7)</sup>・伴 武彦\*<sup>8)</sup>・田中 章\*\*

Akio Uesugi, Katsunori Amejima, Keiji Okada, Akiko Kurihara, Hiroyuki Komatsu,  
Akihiko Matsuoka, Satoko Morofuji, Takehiko Ban, Akira Tanaka

## 1. はじめに

「社団法人日本環境アセスメント協会・研究部会 自然環境影響評価技法研究会」(以下、本研究会)では、2000年度より動植物に係る自然環境保全技法についての研究に取り組んでおり、環境保全措置の効果を定量的に評価する手法として、米国で用いられている HEP(Habitat Evaluation Procedures)に注目している。本研究会では、我が国への HEP の導入について可能性を探るべく、日本に生息・生育する動物・植物についてハビタット適性指数 (HSI) モデルの構築に取り組んでおり、なかでもトウキョウサンショウウオ (*Hynobius tokyoensis*) の HSI モデルについては、構築したモデル (案) 及び研究状況をこれまでに報告してきた (雨嶋ら 2002, 小松ら 2003)。

本稿は、トウキョウサンショウウオの生息地で現地調査を実施し、この HSI モデル (案) について実測値を適用し、妥当性の検証を行うと共に、生息地で想定した仮想事業に当該モデル (案) を適用することにより、当該モデル (案) の精度面及び運用面での課題等を抽出したのでこれを報告するものである。なお本稿の内容は、本研究会の成果報告書 ((社) 日本環境アセスメント協会・研究部会自然環境影響評価技法研究会 2004) を抜粋・修正したものである。

## 2. HSI モデル (案)、SI グラフ等の設定

### 2.1 HSI モデル (案) の概要

本研究会で構築した現時点でのトウキョウサン

ショウウオの HSI モデル (案) は、本研究会としての 3 次案である (以下、本モデル (案))。本モデル案におけるハビタット変数 (表-1) 及びモデル式は、前報 (小松ら 2003) において素案として示したものである。

表-1 HSI モデル (案) におけるハビタット変数、生存必須条件、カバータイプの関係

	ハビタット変数	生存必須条件	カバータイプ
V <sub>1</sub>	水深	産卵場/ 産卵・幼生の生息	止水環境
V <sub>2</sub>	面積の変化率		
V <sub>3</sub>	天空率		
V <sub>4</sub>	樹林との距離	成体生息環境/ 成体の生息	高木林
V <sub>5</sub>	広葉樹林の割合		
V <sub>6</sub>	高木・亜高木層の植被率		
V <sub>7</sub>	土壌硬度		

### < HSI モデル (案) >

・産卵場 :  $(V_1 \times V_2 \times V_3 \times V_4)^{1/4}$   
 ・成体生息環境 :  $(V_5 \times V_6 \times V_7)^{1/3}$   
 HSI 値は、産卵場、成体生息環境それぞれに評価する。

HSI モデルでは、評価対象場所における各ハビタット変数の値に対し、0 から 1 の数値で表現される適性指数 (SI) が与えられる。SI=1 は最適、SI=0 は全く適さないことを表す。変数値と SI 値との関係を設定したものが後に示す SI グラフである。HSI 値は上記の HSI モデル式によって各変数の SI 値を総合した結果として得られ、評価対象

\* (社)日本環境アセスメント協会・研究部会 自然環境影響評価技法研究会 \*\*武蔵工業大学環境情報学部 1) 飛鳥建設株式会社 2) パシフィックコンサルタンツ株式会社 3) 株式会社環境指標生物 4) 株式会社ブレック研究所 5) 清水建設株式会社 6) 株式会社環境管理センター 7) 株式会社協和コンサルタンツ 8) 株式会社ポリテック・エイディディ

種のハビタットの適否を総合的に1(最適)から0(全く適さず)までの数値で表現する。

なお、本モデル(案)は、絶えず湧水起源の水量が確保されている谷戸での適用を前提とする。

## 2.2 評価対象範囲の設定

HSI値は単位面積当たりの環境の「質」を表すものであり、これに面積を乗じた値がHU値である。HUを計算するためには、評価対象となる範囲を設定し、その範囲内の各カバータイプの面積を算出する必要がある。以下に評価対象範囲の設定の考え方についてカバータイプごとに述べる。

### (1) 止水環境

産卵場は「各々の止水環境」とする。いくつかの池が隣接している場合には個々の池をそれぞれひとつの産卵場ととらえる。

### (2) 高木林

「産卵場(群)が存在する側の岸の、連続した(移動可能な)高木林のうち、産卵場(群)の中心から半径200m以内」の部分の評価対象範囲とする。これを満たす高木林を「到達可能な高木林」と呼ぶこととする。開発行為などにより樹林が分断されている地域では、到達可能な高木林の面積は小さくなる。

## 2.3 現地調査の概要

調査対象地は東京都八王子市内の3地区7産卵

場群である。表-2に各調査地点の面積を示す。

現地調査は、夏季調査として2003年7月24、28日、9月18日に、産卵期調査として2004年2月6日に実施した。

高木林の面積及び広葉樹林の割合については空中写真判読及び現地調査に基づき植生図を作成の上、図上にて測定した。

また、各産卵場における卵のう数のモニタリングデータについて地域のNGOから提供を受けた。卵のう数の値は、2002年と2003年の値を平均して用いた。

## 2.4 SIグラフの設定

既往の文献及び現地調査データをふまえた上で、当該種を研究している学識経験者の意見を採り入れ、各変数のSIグラフを設定した。検討結果を図-1に示す。

## 3. 本モデル(案)の妥当性検証

卵のう数を各地点の生息適性を指標する値としてとらえ、変数をモデルに入力して得られた各地点のHU値との相関関係を見ることで、モデルの妥当性検証を試みた。

### 3.1 産卵場HSIモデル(案)の検証

産卵場HUと卵のう数との関係を図-2に示す。

まず、卵のう数0にもかかわらず、HU値が全地点中最大(114.88)となる地点の存在が目に付く。次に各産卵場群に着目すると、産卵場群K1についてはHUと卵のう数の間に正の相関があるように見受けられるが、H4及びB1についてはその傾向は見られない。

以上のことから、本モデル(案)は産卵場の生息適性を十分に表現できておらず、改善の余地があると考えられた。改善点としては、「産卵場全体に対する浅い部分(水深xcm以下)の面積割合」のようなハビタット変数が必要、水質などに関する変数の不足、あるいは生存必須条件の区分が不適切である(ライフステージを2つではなく、「産卵」、「幼生生息」、「成体生息」の3つに区分すべきである)などが考えられた。

また、HSIモデルにおいては、事業実施後の値が予測できない変数はハビタット変数として採用しにくい。このため、予測は困難だが測定は容易な水温、水質などの項目に関しては、事業実施後の管理段階において、これらが適切な値になるように順応的管理を行うことが重要と考えられる。

表-2 各調査地点の面積

地区名	産卵場群名	産卵場名	産卵場面積(m <sup>2</sup> )	高木林面積(m <sup>2</sup> )*
K	K1	A	7.7	59680
		B	9.7	
		C+D	3.8	
		E	1.1	
		F	0.3	
		G	2.9	
		P	0.5	
		Q	1.8	
		合計*	29.3	
		K2		
H	H3	H1	14.6	30720
		H2	14.0	48010
		A	4.6	30650
		B	175.0	
		合計*	4.6	
H4	A	1.6	10380	
	B	1.2		
	C	3.6		
	合計*	1.2		
B	B1	A	15.1	31840
		B	8.5	
		合計*	23.6	

注: 合計\*欄における産卵場面積は、卵のう数が2年とも0の地点を除いた。高木林面積は「到達可能な高木林の面積」(本文参照)である。

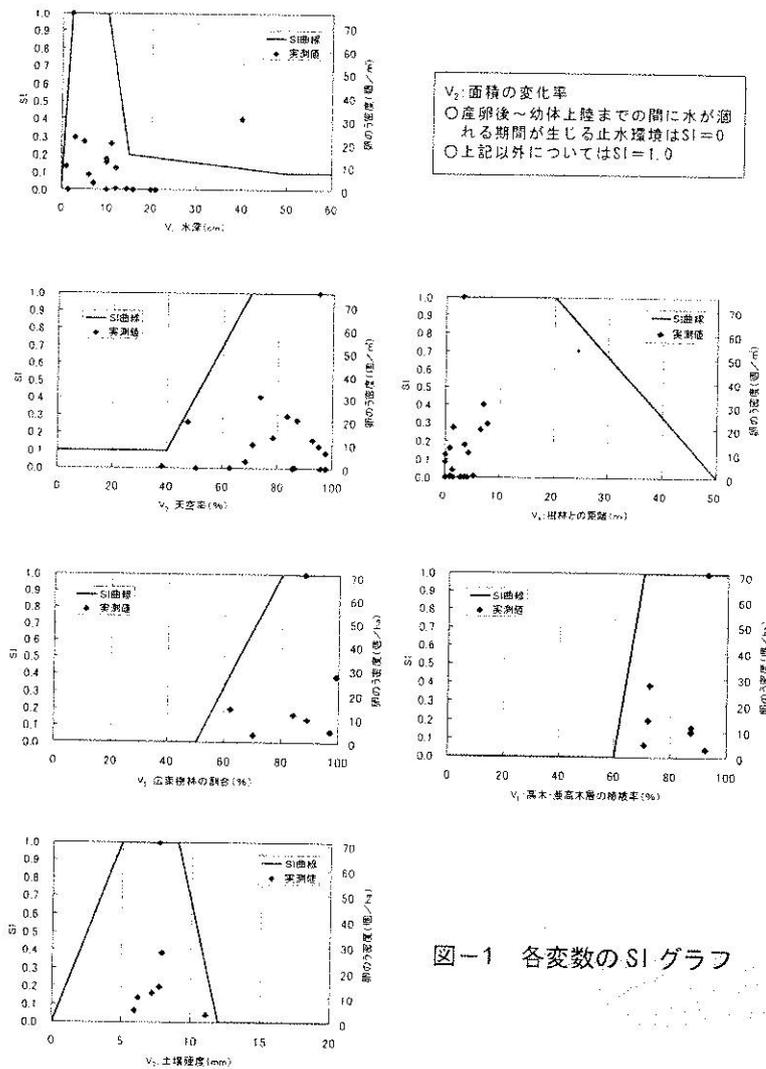


図-1 各変数のSIグラフ

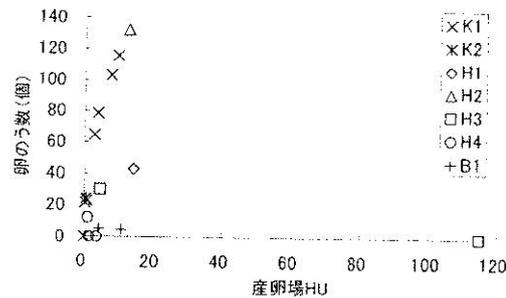


図-2 産卵場HUと卵のう数との関係

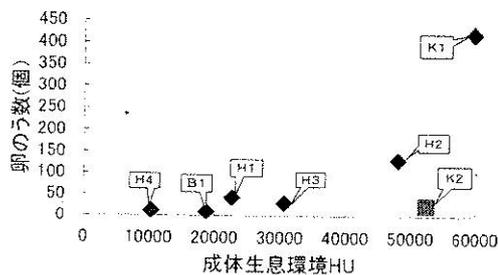


図-3 成体生息環境HUと卵のう数との関係

### 3.2 成体生息環境 HSI モデル (案) の検証

成体生息環境 HU と各高木林に対応する産卵場群の卵のう数の関係を図-3 に示す。

産卵場群 K2 以外の点を見ると、データ数が少ないため明確には言えないが、成体生息環境 HU と卵のう数との間にはある程度の相関があるように見受けられる。一方、K2 が外れた要因としては、産卵場面積が 0.8 m<sup>2</sup> と小さく、変態を完了できる個体数が制限されている等が考えられる。

今後より多くのデータに基づく検証・改良が望まれる。

### 4. 仮想事業への適用

本モデル (案) は、先述のように実際の環境アセスメントに利用できる精度には至っていないものの、トウキョウサンショウウオの HSI モデルを環境影響評価に適用した際の有効性や課題抽出を目的として HEP に基づく自然環境評価のケーススタディを実施した。ケーススタディの流れを図-4 に示す。

#### 4.1 仮想事業の概要

仮想事業として、東京都多摩地域に位置する丘陵地谷戸の上流部に廃棄物最終処分場が建設される事業を想定した (図-5 参照)。

現況は、右岸の休耕田跡に 11 ヶ所の小規模な産

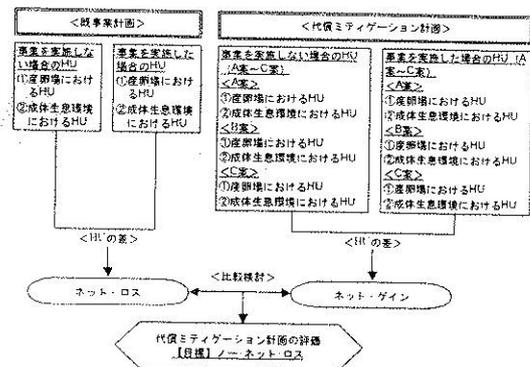


図-4 ケーススタディ実施の流れ

卵場が集中して分布し産卵場群となっている。左岸側丘陵斜面中腹にも1ヶ所の産卵場が存在し左右岸の丘陵斜面には、コナラ、スギ、クリを中心とした高木林が広がっている。

事業計画の規模については、事業計画区域全体

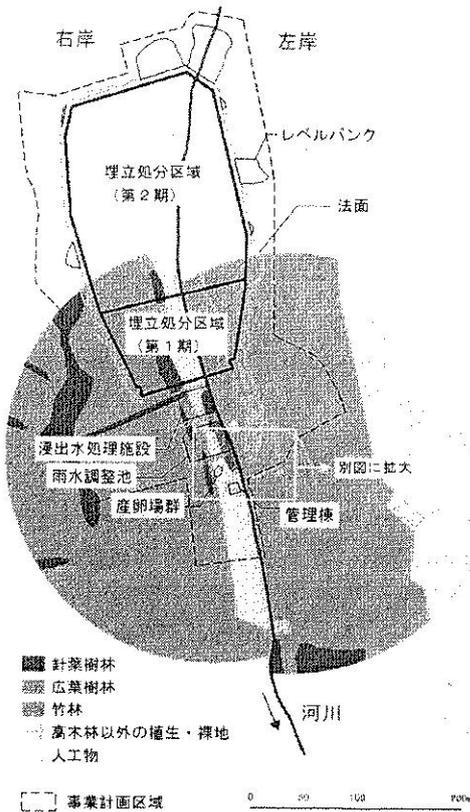


図-5 事業計画全体図

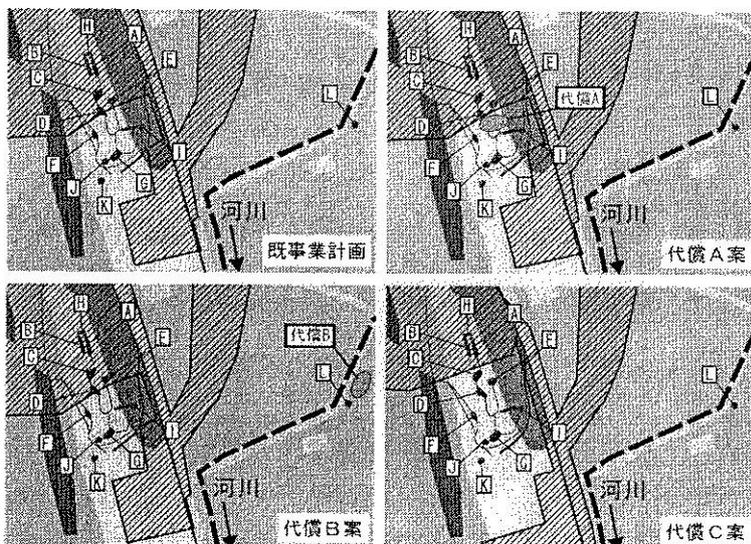


図-6 各計画の産卵場群付近拡大図

A~L及び代償A、代償Bは、産卵場を表す。

ハッチ部分は工事の直接的な影響を受ける範囲を表す。

面積約10ha、造成面積約5ha(埋立地面積は約4ha)で、2期に分けて埋め立てられ、第1期:1ha、第2期:3ha)、残留緑地面積約4haとした。これにより、6ヶ所の産卵場(A、B、H、C、D、E)及び左右岸の雑木林などを改変されるものとした。事業計画の工程表を表-3に示す。HUの算出に際し、工程に即して5時点のターゲット・イヤー(TY0、TY2、TY9、TY17、TY27)を設定した。

表-3 事業計画の工程

事業着手後経過年数	1~2	3~9	10~17	18~27
工事期間	■	■		
廃棄物埋立処分(第1期)		■		
廃棄物埋立処分(第2期)			■	
跡地利用				■

↑
↑
↑
↑
↑

TY0
TY2
TY9
TY17
TY27

#### 4.2 代償ミティゲーション計画の概要

事業が当該種の生息環境に与える影響を軽減させるためにA案~C案の3つの代償ミティゲーション計画を設定した。産卵場付近の拡大図を図-6に示す。各計画の概要を以下に述べる。

##### (1) 代償ミティゲーション計画A案

- ・右岸側下流に、「A+B+H+C+D+E」相当の産卵場を創出(代償Aの1ヶ所)。
- ・埋立跡地に高木林(コナラ林)を創出(第1期:事業着手9年後に植栽開始、第2期:事業着手17年後に植栽開始)。

##### (2) 代償ミティゲーション計画B案

- ・左岸側の1ヶ所の産卵場Lに隣接して、「A+B+H+C+D+E」相当の産卵場を創出(代償Bの1ヶ所)。ただし急斜面のため、水深は20cmと深めになる。
- ・埋立跡地に高木林(コナラ林)を創出(第1期:事業着手9年後に植栽開始、第2期:事業着手17年後に植栽開始)。

##### (3) 代償ミティゲーション計画C案

- ・改変区域を見直して上流側に後退させることにより、C、D、Eの産卵場を保全。
- ・新たな産卵場の創出等はない。
- ・埋立跡地への高木林の創出も

行わない。

なお、代償ミティゲーション計画の設定にあたっては、ケーススタディでの比較検討が容易なよう、「産卵場として最低限必要な環境条件」が全てクリアされているものと仮定した。実際の事業では、以下の条件が最低限クリアされる必要がある。

- ・湧水が質・量共に確保されること。
- ・開発に伴う水質汚濁（濁水の流入、pH・水温等の変化、工事車両のオイル漏れ等）が無いこと。
- ・開発に伴い水路等が分断されないこと。
- ・樹林（成体の生息環境）と産卵場との移動経路が、工事用道路やU字溝等で分断されないこと。

### 4.3 各変数の推移の考え方

代償ミティゲーション施工後における各変数の値の推移については、次のように考えた。

#### (1) $V_1$ (水深)

適切な産卵場位置選定、設計・施工及び維持管理によって、造成後最初の産卵期以降、 $SI=1.0$  が維持される。

#### (2) $V_2$ (面積の変化率)

$V_1$ と同様の配慮によって、造成後最初の産卵期以降、 $SI=1.0$  が維持される。

#### (3) $V_3$ (天空率)

産卵場として造成される水場の周囲に樹木を植栽して水場を鬱閉させる。適切な設計及び維持管理を前提に、TY0 夏季は40%、TY2 夏季は50%、TY9 夏季以降は75%以上の天空率になる。

#### (4) $V_4$ (樹林との距離)

創出される高木林は、高木林としての機能が年数の経過と共に発揮されていく。文献(前中 1989)を参考に、植栽面積に対する高木林として機能する部分の面積割合を、植栽後6年以前で0、7年で0.25、8年で0.5、9年で0.75、10年以降で1.0とする。この値を植栽区画と産卵場との距離から求められるSI値に乘じ、修正されたSI値とする。

#### (5) $V_5$ (広葉樹の占める割合)

創出される高木林の、高木林としての面積の算定については $V_4$ で設定した方法に従う。

#### (6) $V_6$ (高木・亜高木層の植被率)

文献(前中 1989)を参考に、植栽後8年のTY17時点では $SI=1.0$ になる。

#### (7) $V_7$ (土壌硬度)

土壌硬度は土壌動物の豊富さ及び成体がもぐる場所としての適性を示す指標として扱う。環境保全林での施工後の土壌動物相について記載のある

文献(原田 1995)を参考に、植栽当初は $SI=0$ 、植栽後8年が経過したTY17時点以降は $SI=1.0$ になるものとする。

### (8) その他の予測方針

既存の産卵場については工事の影響等により鬱閉率や水深などが変化するおそれがある。この場合には適宜、産卵場周囲に樹木を補植する、産卵場の底を掘り下げるなどの対策を行うことで、各変数のSI値を同値に維持する。

### 4.4 HUの算出

A~C案それぞれのネット・ゲインを算出しネット・ロスと比較することによって、A~C案の評価を行った。HU計算例として、A案実施時の代替産卵場のHU算出表を表-4に、HUと経過年の関係を図-7に示す。累積的HUはHUに時間を乗じたもので、図-7のハッチ部分(ネット・ゲイン)のように各ターゲット・イヤーでのHU値を結ぶ直線で形成される面積で表わされる。

表-4 A案代替産卵場のHU計算表

	TY0 (0年)		TY2 (2年後)		TY9 (9年後)		TY17 (17年後)		TY27 (27年後)	
	値	SI	値	SI	値	SI	値	SI	値	SI
$V_1$ 水深(m)	5.0	1.00	5.0	1.00	5.0	1.00	5.0	1.00	5.0	1.00
$V_2$ 面積の変化率	1.00		1.00		1.00		1.00		1.00	
$V_3$ 天空率(%)	40.0	0.40	50.0	0.50	75.0	0.75	90.0	0.90	90.0	0.90
$V_4$ 樹林との距離(m)	10.0	1.00	10.0	1.00	10.0	1.00	10.0	1.00	10.0	1.00
産卵場の面積(m <sup>2</sup> )	23.1		23.1		23.1		23.1		23.1	
ISI	0.56		0.80		1.00		1.00		1.00	
Total HSI	0.56		0.80		1.00		1.00		1.00	
HU	12.99		18.47		23.10		23.10		23.10	
累積的HU					922.51					

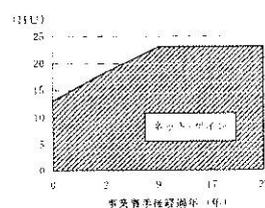


図-7 A案代替産卵場のネット・ゲイン

### 4.5 各代償ミティゲーション計画の評価

代償ミティゲーション計画による累積的HUの算出結果を表-5に示す。

A~C案の中で、産卵場及び成体生息環境それぞれのネット・ゲインが最も多いのはA案である。以上から、代償ミティゲーションとして最も優れている案はA案であると評価された。

A案のネット・ゲインとネット・ロスを比較すると、産卵場のHUはほぼ「ノー・ネット・ロス」

が達成されたと評価されるが、成体生息環境については $-45.24+11.41=-33.83$  となり、代償措置として十分でないことが明らかとなった。

表-5 累積的HU算出結果

	A案		B案		C案		既事業計画	
	産卵場	成体生息環境	産卵場	成体生息環境	産卵場	成体生息環境	産卵場	成体生息環境
実施前の累積的HU	0.00	0.00	0.00	0.00	4.60	260.67	793.43	305.91
実施後の累積的HU	592.31	11.41	409.44	11.41	124.07	261.97	200.76	260.67
ネットゲイン(ネットロス)	592.31	11.41	409.44	11.41	119.47	1.30	-592.67	-45.24

5. おわりに(ケーススタディから見た、

HEPを用いた自然環境評価の有効性と課題)

ケーススタディの結果から、HEPの有効性と課題は以下のとおりと考えられた。今後は、当該種のHSIモデルの精度を高めると共に、複数種のHSIモデルを用いたケーススタディを試み、更なるHEPの有効性と課題を検討して行きたい。

<有効性>

- 具体的な数値で示されるため、ミティゲーション計画を分かりやすく説明するための有効なツールとなりうる。

<課題>

- 本ケーススタディでは、既存の産卵場を可能な限り保全した「C案」よりも、不確実性が高い中、積極的に代償となる産卵場を創出した「A案」及び「B案」の評価が高くなった。このような評価が、「代償ミティゲーション計画の策定」を安易な免罪符として活用させる事態を招くことが懸念される。
- 各変数の予測では、施工後にモニタリング及び管理を実施することを前提としている。施工後に適切なモニタリングや管理が行われなかった場合にペナルティを課すような仕組みが必要であると考えられる。
- 事業者がミティゲーションの目標(例えばノー・ネット・ロス)を設定するに際しての行政の指導方法、基準などについて制度面の整備を行う必要がある。
- 評価の客観性を高めるためには、米国で実施されているように、専門家を含めた「HEPチーム」編成の義務付けを行う等、制度面からの検討も重要である。

謝辞

本研究にあたっては、東京都立大学・草野保氏、奥羽大学・伊原禎雄氏、(株)建設環境研究所・見澤氏及び三好氏、(社)日本環境アセスメント協会・研究部会自然環境影響評価技法研究会のメンバー各位より数々の貴重な助言を頂いた。また、トウキョウサンショウウオを守る由木の会・塩谷

氏と、川口の自然を守る会・五味氏からはトウキョウサンショウウオの生息状況に関するデータを頂いた。(社)日本環境アセスメント協会事務局各位には、研究を進める上で様々なバックアップを頂いた。ここに記して厚く感謝の意を表します。

摘要:本研究には2002年度環境省研究業務にて検討した内容が含まれています。

<参考文献>

雨嶋克憲・小松裕幸・伴武彦・諸藤聡子・田中章(2002) トウキョウサンショウウオのハビタット適性指数(HSI)モデル(案)の作成とHEPのケーススタディについて。環境アセスメント学会2002年度研究発表会論文要旨集。

原田洋(1995) 環境保全林の土壤動物。環境保全林形成のための理論と実践。国際生態学センター:155-168。

小松裕幸・雨嶋克憲・上杉章雄・岡田圭司・栗原彰子・松岡明彦・諸藤聡子・伴武彦・田中章(2003) ハビタット適性指数(HSI)モデルの構築の取り組み—トウキョウサンショウウオのHSIモデルの再構築事例を中心に—。環境アセスメント学会2003年度研究発表会要旨集:121-124。

草野保・川上洋一(1999) トウキョウサンショウウオは生き残れるか?—東京都多摩地区における生息状況調査報告書—。トウキョウサンショウウオ研究会。

前中久行(1989) エコロジー緑化。最先端の緑化技術。亀山・三沢・近藤・奥水編。ソフトサイエンス社:285-294。

(社)日本環境アセスメント協会・研究部会自然環境影響評価技法研究会(2004) 自然環境影響評価技法研究会報告書。

田中章(2002) 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。ランドスケープ研究65(4):282-285。

Keywords: HEP, HSIモデル, トウキョウサンショウウオ, ミティゲーション, 環境影響評価

第五卷 應選統志 卷之六

統志卷之六 應選統志 卷之六

應選統志 卷之六

應選統志 卷之六

應選統志 卷之六