

日本における HEP の実施事例および HSI モデルの蓄積状況に関する研究

The Study of Evaluating Cases of HEP and the HSI Models in Japan

久喜伸晃*, 田中章**

Nobuaki KUKI, Akira TANAKA

Abstract

Recently, studies about HEP and HSI models have been accumulated, and they were applied to practices. To support HEP application, it is desired to clarify the issues, preparation of manual about HEP and HSI models, and build an HSI models database. In this study, we collected HSI models built in Japan, and the cases of evaluation by HEP. By analyzing the latest information about HSI models and cases of HEP in Japan, the issues and the possibility of the farther application of HEP is discussed. This study offers a fundamental document for introduction to study and business about future HEP. This study offers some fundamental information for further studies and practices.

「キーワード：HEP, HSI モデル, IFIM, 生態系アセスメント, 生態系評価」

「Keywords : HEP, HSI model, IFIM, Ecological Impact Assessment, Ecosystem Evaluation」

1. 背景と目的

わが国の環境アセスメントの生態系項目（生態系アセスメント）では定量的な評価を実施することが求められている。そして、そのようなニーズに応えうる手法として米国で開発された定量的な生態系評価手法の一つである HEP（Habitat Evaluation Procedure）が特に注目されており、日本への HEP の導入に向けた研究等が様々な主体により取り組まれている。それらの研究成果として、日本在来種に対する HSI（Habitat Suitability Index）モデルが蓄積されると共に、HEP 実施のケーススタディ等を通じて HEP 適用の可能性や課題が検討されつつある。

今後、HEP を実務レベルで運用していくためには、HEP 導入に際しての更なる課題検討や、それらの課題を踏まえた「日本版 HEP マニュアル」や「日本版 HSI モデル構築マニュアル」の作成、さらに HEP 実施の支援ツールとして「HSI モデルデータベース」の整備といったことが求められよう。

そこで本研究では、上述のような HEP 導入に向けた更なる研究や、HSI モデルデータベースの構築基礎的資料を提供することに主眼を置き、日本における HSI モデルの蓄積状況や HEP の実施事例を整理した。なお、既往研究では田中ほか（2003）や久喜（2004）が見られるが、本研究は最新の情

報等を追加して整理するものである。

2. 調査方法

日本において一般に公表された HSI モデル構築や HEP の実施事例に関する論文等を、2006 年 3 月までに文献検索システム等を用いて収集し、これらを整理した。

本研究は日本における HSI モデル構築事例や HEP の実施事例を収集整理したものであるが、IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) に関する事例も HEP と同様に収集整理した。これは、IFIM が HEP と同様に USFWS (U.S. Fish and Wildlife Service) の下で開発されており、両者ともに野生生物のハビタットとしての適性に基づく評価であるハビタットアプローチによる手法であることや、後述するような多くの共通点が存在することから、HEP と IFIM を広義では同様の評価手法になると見なしたためである。

ここで IFIM と HEP の共通点について簡単に触れておく。まず、IFIM は河川の正常流量の検討・評価を支援するために開発された一連のシミュレーションモデルであり、PHABSIM (Physical Habitat Simulation Model) という、物理指標を用いたマイクロ生息場モデルが含まれている（中村ほか、1999）。そして、この PHABSIM には、HEP でい

* (株)建設技術研究所

**武蔵工業大学環境情報学部

う HSI モデルと同義である HSC(Habitat Suitability Criteria) が存在するほか、SI (Suitability Index) が存在し、また HSI に相当する CSI (Composite Suitability Index)、さらに HU に相当する WUA (Weighted Usable Area) といった指標が存在している。ただし、IFIM (PHABSIM) では、WUA 等を用いた時系列的な評価も検討されるものの、HEP でいう CHU (Cumulative Habitat Unit) のように、WUA を時間で積分して算出する指標は特に存在しない。以上のように両手法は共通点が多く、IFIM (PHABSIM) は「河川の正常流量を検討するために特化した HEP」とも換言できよう。

3. 日本で構築された HSI モデルに関する整理

3. 1 HSI モデル発表年

まず、表 1 に日本において構築された HSI モデル件数を、HEP と IFIM (PHABSIM) のどちらの評価手法のモデルとして構築されたかということにも着目して、発表年ごとにまとめた。

日本における HSI モデル構築は、1995 年から IFIM (PHABSIM) の研究に伴って始まった。その後 1990 年代後半から HEP に関する研究としての HSI モデルが構築されはじめた。モデル構築数は年々漸増し、近年では比較的 HEP に関する研究としての HSI モデル構築が多く、全体としては毎年 20 ~30 件前後の HSI モデルが構築されている。

表 1 日本における HSI モデル構築件数

発表年	評価手法			合計
	HEP (HSI モデル)	IFIM (HSC)	不明確	
1995	0	7	0	7
1996	0	10	0	10
1997	1	2	0	3
1998	0	12	0	12
1999	1	7	0	8
2000	2	14	3	19
2001	21	7	0	28
2002	14	7	2	23
2003	11	1	0	12
2004	16	8	1	25
2005	25	4	1	30
合計	91	79	7	177

注) HEP または IFIM どちらの手法として構築されたモデルかが明記されていないもの(両手法としてのモデルとされているものも含む)に関しては不明確とした。

3. 2 日本で構築された HSI モデル

日本で構築された HSI モデルの概要を表 2 に示す。調査の結果、全体で 177 件の HSI モデルが確認された。この 177 件の HSI モデルには、新規に開発されたモデルだけではなく、既存の HSI モデルを改良する方法により構築されたモデルも含む。

また、全体で 83 種のモデル対象についての HSI モデルが存在することが確認され、このうち、13 件のモデル対象が環境省レッドデータ種であった。

なおここで HSI モデル数は、可能な限り生物種単位で計上した。中にはギルド等同一のハビタットを利用する複数種をモデル対象とした HSI モデルも存在するが、それらについてはモデル対象に含まれる生物種数をモデル数として換算している。

以上のように、合計 83 件のモデル対象について 177 件の HSI モデルが確認されたものの、構築数の構成には偏りがある。最も多くの HSI モデルが構築されているのは魚類であった。これは、IFIM (PHABSIM) におけるモデル対象が通常は魚類であることに起因すると考えられる。反対に、哺乳類、鳥類、爬虫類、両生類についての HSI モデルは構築が進んでおらず、特に爬虫類に関しての HSI モデルは皆無であることが明らかになった。

HEP を実施する際には、HSI モデルを用いないで HSI を決定するような BPJ (Best Professional Judgment) を除き、基本的には HSI モデルの存在が必要になる。したがって、上記のように、HSI モデルが構築されていない対象については、今後より重点的に HSI モデルを構築していくことが望まれる。また、例えばレッドデータ種のように環境アセスメントにおいて重要種とされる種や、上位性、典型性、特殊性を有するような種は、HEP における評価種（またはターゲット種）に選定される機会が多いものと考えられ、それらの種についてもより重点的に HSI モデルが構築されることが望まれる。

4. HEP および IFIM による評価実施事例の整理

4. 1 HEP および IFIM による評価事例数

HEP および IFIM (PHABSIM) を用いた評価の経年的な実施事例数を表 3 に示す。

評価の実施事例の経年的な変遷は、HSI モデル構築と同様な傾向がある。すなわち、90 年代中頃

表2 日本において構築されたHSIモデルの分類

分類群	HSIモデル対象	対象数 (RDB種数)	HSI モデル数
	対象名		
哺乳類	エゾモモンガ (<i>Pteromys volans ori</i>)、テン (<i>Martes melampus</i>)、ニホンリス (<i>Sciurus lis</i>) <LP:中国地方以西>、ムササビ (<i>Petaurista leucogenys</i>)	4 (1)	4
鳥類	アオバズク (<i>Ninox scutulata</i>)、コゲラ (<i>Dendrocopos kizuki</i>)、サシバ (<i>Butastur indicus</i>)、シジュウカラ (<i>Parus major</i>)、トキ (<i>Nipponia nippon</i>) <EW>	5 (1)	6
爬虫類	-	0 (0)	0
両生類	トウキョウサンショウウオ (<i>Hynobius tokyoensis</i>) <LP:東京都、愛知県>、モリアオガエル (<i>Rhacophorus arboreus</i>)、ヤマアカガエル (<i>Rana ornativentris</i>)	3 (1)	5
魚類	アイナメ (<i>Hexagrammos otakii</i>)、アカシタビラメ (<i>Cynoglossus joyneri</i>)、アジメドジョウ (<i>Niwaella delicata</i>) <LP:大阪府>、アブラハヤ (<i>Phoxinus laagowskii steindachneri</i>)、アユ (<i>Plecoglossus altivelis</i>)、アユ成魚 (<i>Plecoglossus altivelis</i>)、ウグイ (<i>Tribolodon hakonensis</i>)、ウグイ成魚 (<i>Tribolodon hakonensis</i>)、ウグイ稚魚 (<i>Tribolodon hakonensis</i>)、オイカワ (<i>Zacco platypus</i>)、カサゴ (<i>Sebastiscus marmoratus</i>)、カジカ (<i>Cottus pollux</i>)、カジカ大卵型 (<i>Cottus pollux</i>) カマツカ (<i>Pseudogobio esocinus</i>)、カワムツ (<i>Zacco temminckii</i>)、カワヨシノボリ (<i>Rhinogobius flumineus</i>)、金魚、ギンブナ (<i>Carassius gibelio langsfordi</i>)、シログチ (<i>Pennahia argentata</i>)、スズキ (<i>Lateolabrax japonicus</i>)、体長 20cm 体高 3cm の紡錘型魚、タモロコ (<i>Gnathopogon elongates</i>)、ドジョウ (<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>)、ニゴイ (<i>Hemibarbus barbus</i>)、ネコギギ (<i>Pseudobagrus ichikawai</i>) <EN>、マアナゴ (<i>Conger myriaster</i>)、マダイ (<i>Pagrus major</i>)、メダカ (<i>Oryzias latipes</i>) <VU>、メバル稚魚・幼魚 (<i>Sebastas inermis</i>)、ヤマメ成魚 (<i>Oncorhynchus masou masou</i>)、ヤマメ稚魚 (<i>Oncorhynchus masou masou</i>)、ヨシノボリ (<i>Rhinogobius sp.</i>)	32 (3)	99
無脊椎動物類	アコヤガイ (<i>Pinctada martensii</i>)、アサリ (<i>Ruditapes philippinarum</i>)、イトミミズ目、ウミニナ (<i>Batillaria multiformis</i>)、オオムラサキ (<i>Sasaki charoda</i>) <NT>、カゲロウ目 (<i>Ephemeroptera</i>)、ガザミ (<i>Portunus trituberculatus</i>)、カワニナ (<i>Semisulcospira libertina</i>)、クルマエビ (<i>Penaeus japonicus</i>)、ゲンジボタル (<i>Luciola cruciata</i>)、ゴカイ (<i>Neanthes japonica</i>)、コメツキガニ (<i>Scopimera globosa</i>)、サワガニ (<i>Geothelphusa dehaani</i>)、シオマネキ (<i>Uca arcuata</i>) <NT>、チゴガニ (<i>Ilyoplax pusilla</i>)、底生昆虫、ハクセンシオマネキ (<i>Uca lactea</i>) <NT>、ホソウミニナ (<i>Batillaria cumingii</i>)、マダコ (<i>Octopus vulgaris</i>)、ミドリシジミ (<i>Neozephyrus japonicus</i>)、ヤマトオサガニ (<i>Macrophthalmus japonicus</i>)、ヤマトシジミ (<i>Corbicula japonica</i>)	22 (3)	42
植物	アマモ (<i>Zostera marina</i>)、アラメ (<i>Eisenia bicyclis</i>)、エビネ (<i>Calanthe discolor</i>) <VU>、ベニアマモ (<i>Cymodocea rotundata</i>) <NT>、ボウバアマモ (<i>Syringodium isoetifolium</i>)、ヨシ (<i>Phragmites australis</i>)、リュウキュウアマモ (<i>Cymodocea serrulata</i>) <NT>、リュウキュウスガモ (<i>Thalassia hemprichii</i>) <NT>	8 (4)	8
その他	下在性軟甲綱の種数、内在性多毛綱の種数、内在性軟甲綱の種数、内在性二枚貝綱の種数、表在性軟甲綱の種数、表在性腹足綱の種数、付着性多毛綱の種数、付着性二枚貝綱の種数、付着動物種数	9 (0)	13
合計		83 (13)	177

注) <>内は環境省レッドデータブックのカテゴリを示す。なお凡例は、以下の通り

EX: 絶滅(我が国ではすでに絶滅したと考えられる種)

EW: 野生絶滅(飼育・栽培下でのみ存続している種)

CR+EN: 絶滅危惧Ⅰ類(絶滅の危機に瀕している種)

CR: 絶滅危惧ⅠA類(ごく近い将来における絶滅の危険性が極めて高い種)

EN: 絶滅危惧ⅠB類(ⅠA類ほどではないが、近い将来における絶滅の危険性が高い種)

VU: 絶滅危惧Ⅱ類(絶滅の危険が増大している種)

NT: 準絶滅危惧(現時点では絶滅危険度は小さいが、生息条件の変化によっては「絶滅危惧」に移行する可能性のある種)

DD: 情報不足(評価するだけの情報が不足している種)

LP: 絶滅のおそれのある地域個体群(地域的に孤立している個体群で、絶滅のおそれが高いもの)

から IFIM (PHABSIM) に関する評価事例を中心に増加し、最近では HEP に関する評価事例が比較的多く発表されていることが明らかになった。

表3 HEP および IFIM による評価実施事例数

発表年	手法			小計
	HEP	IFIM	不明確	
1996	0	1	0	1
1997	1	2	0	3
1998	1	4	0	5
1999	0	3	0	3
2000	2	7	0	9
2001	5	4	0	9
2002	4	3	1	8
2003	7	3	0	10
2004	7	2	0	9
2005	11	3	1	15
合計	38	32	2	72

注) HEP または IFIM どちらの手法として構築されたモデルかが明記されていないもの（両手法としてのモデルとされているものも含む）に関しては不明確とした。

4. 2 各評価事例で用いられた指標

HEP および IFIM (PHABSIM) による各評価事例において、どの指標による評価が実施されているかを表4に示した。これまで実施された評価事例では、SI または HSI が用いられることが最も多

表4 HEP および IFIM (PHABSIM) での評価実施において用いられた指標数

発表年	SI			HSI (CSI)			HU (WUA)			CHU			
	手法	H	I	不	H	I	不	H	I	不	H	I	不
1996		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1997		0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
1998		0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0
1999		0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0
2000		0	0	0	2	3	0	0	4	0	0	0	0
2001		0	0	0	4	4	0	1	0	0	0	0	0
2002		0	0	0	3	2	1	0	1	0	1	0	0
2003		1	0	0	6	1	0	0	2	0	2	0	0
2004		4	0	0	6	1	0	2	1	0	5	0	0
2005		1	0	0	5	2	1	7	1	0	0	0	0
合計		6	0	0	28	16	2	10	16	0	8	0	0
					6			46			26		8

注) 手法欄の凡例は H : HEP、I : IFIM、不 : 不明確を示す。なお HEP または IFIM どちらの手法として構築されたモデルかが明記されていないもの（両手法としてのモデルとされているものも含む）に関しては不明確とした。

く、次に多く用いられた指標は HU であった。逆に、CHU が用いられることは最も少なかった。IFIM ではそもそも CHU のような指標は存在しないものの、HEP としての評価事例のみに注目したとしても、CHU を用いた事例は少数であることがわかる。

生態系アセスメントでは、生態系の空間的広がりや時間的広がりを十分に考慮した影響の把握、およびミティゲーション計画の策定、そしてそれらの比較評価を実施していくことが望まれる。HEP を用いた場合、そのような時空間的な広がりを踏まえた比較評価とは、CHU を用いた比較評価にほかならない。HEP は生態系アセスメント以外にも様々な評価に応用可能と考えるが、生態系アセスメントに HEP を導入していくには、CHU の算出に踏み込んだ評価を検討し、CHU 算出に伴う課題を積極的に検討されることが望まれる。

5. 考察

日本における HSI モデル構築は、モデル対象に対する偏りがあるものの年々蓄積されつつあることが明らかになった。今後更なる HSI モデルの蓄積と精度の向上が期待されるが、同時に構築された HSI モデルを一定のフォーマットでデータベース化して公表していく事が望まれる。HSI モデルデータベースは、HEP または IFIM (PHABSIM) を実施する際に、必要な HSI モデルの確保を容易にするとともに、HSI モデル構築に関する良好な情報源になる。また、常に批判の対象となっている HSI モデル精度の問題についても、このようなデータベースが存在すれば、様々な主体による既存 HSI モデルの活用・レビューが促進され、モデル精度の向上も一段と図られるであろう。

HEP に関する研究は、上述のような「HSI モデル構築」や「HU 分析」を中心としたケーススタディ等の実施により、これらに関する課題は検討されつつある。その一方で、HEP とはそもそも一連の手続き (procedure) の手法であり、「HSI モデル構築」や「HU 分析」以外にも「HEP 適用可能性調査」や「HEP 事前調査」等、様々なプロセスから構成されていることを忘れてはならない（詳細は田中（1998）を参照）。現状では、「HU 分析」以外のプロセスに係る研究は比較的少数に留まっており、一連の手続きとしての課題検討についても積極的に実施していく必要がある。

ところで、これまで挙げているように HEP には、SI、HSI、HU、CHU というように 4 段階の指標が存在する。ここで、各指標の有する意味を簡潔に表すと表 4 に示すようになる。このようにそれぞれの指標が有する意味は異なるため、評価の目的に合致する指標を選定することが重要になる。

例えば、生態系を定量的に評価したいというニーズがあった場合、HEP や IFIM (PHABISIM) を用いたとしても HSI による評価を行ったとしたら、それは不適切だろう。「HSI」は「ある瞬間のある地点における、ハビタット条件（環境要因）の総合的な価値」を示す指標であるように、ここには時空間的な広がりの概念は含まれず、生態系を定量的に評価するには不十分であるからである。生態系を評価する場合には、空間的な広がりの概念を含む HU や、さらに時間的な広がりの概念を含む CHU を用いるべきだろう。特に、生態系アセスメントにおいて HEP を用いる場合には、上述したように CHU による比較評価を実施することが求められる。

HEP や IFIM (PHABISIM) による評価においては、どの指標を用いて評価を行うかという判断が重要になってくる。有意義な評価を行うには、それらの評価手法をなんとなしに用いるのではなく、当該のケースはどのような評価のニーズや目的があるのかをあらかじめ明確化し、各指標の有する意味を把握したうえで、そのニーズや目的に沿うような指標を選定して評価を実施することが重要である。この点は当然のことのように思われるが、ないがしろにせず、十分な注意を払われたい。

実際、HEP を生態系アセスメント等の実務に適用する際には、一定以上のレベルが求められるだろう。しかしながら現状では、実務で求められるレベルを満たすような具体的な適用方法が明確にされてはいない。現実に、今回収集した評価事例においても、具体的な適用方法は事例ごとに様々である。事例ごとに評価の目的が異なることを鑑みれば、全ての適用方法を統一させる必要は無いが、例えば生態系アセスメントなど共通の目的下で、その適用の指針となるような「日本版 HEP マニュアル」や「日本版 HSI モデル構築マニュアル」の整備は必要だろう。

最近では、HEP を実務に適用した事例も散見されるようになってきていることもあり（例えば、環境省自然環境局、2005、環境省自然環境局ほか、

2005）、今後、さらに実務での適用が進むと考えられるが、HEP 実施のケーススタディ等により抽出してきた課題を踏まえつつ、これらのマニュアルを早急に整備していくことが課題である。

表 4 各指標が有する意味

指標 ＜算出の概念＞	有する意味の概要
SI ＜部分的な質＞	ある瞬間のある地点における、ハビタット条件（環境要因）の部分的な価値。
HSI (CSI) ＜質＞	ある瞬間のある地点における、ハビタット条件（環境要因）の総合的な価値。
HU (WUA) ＜質×空間＞	ある瞬間のある空間における、ハビタット（生態系）の価値。
CHU ＜質×空間×時間＞	経年的な変遷も踏まえたある空間における、ハビタット（生態系）の総合的価値。

引用文献

- 環境省自然環境局 (2005) 平成 16 年度社会資本整備事業調整費（調査の部）トキの野生復帰のための生息環境の整備方策策定調査報告書。環境省、東京都、117pp
- 環境省自然環境局、農林水産省農村振興局、林野庁森林整備部、国土交通省河川局 (2005) 平成 16 年度社会資本整備事業調整費（調査の部）トキの野生復帰のための生息環境の整備方策策定調査報告書。環境省、農林水産省、林野庁、国土交通省、東京都、238pp
- 久喜伸晃、吉沢麻衣子、田中章 (2004) HSI モデルの傾向と今後の課題。環境アセスメント学会 2004 年度研究発表会要旨集、45-50.
- 中村俊六、テリー・ワドゥル (1999) IFIM 入門。財団法人リバーフロント整備センター、東京都、197pp.
- 田中章 (1998) 生態系評価システムとしての HEP.『環境アセスメントここが変わる』(島津康男他編), 81-96, 環境技術研究協会、大阪府、432pp.
- 田中章、畠瀬頼子 (2003) 生態系アセスメントにおけるハビタットモデルおよび定量評価の展開。環境アセスメント学会 2003 年度研究発表会要旨集、141-142