

砂州上の植物群落立地の物理環境特性とこれを利用した群落分布の予測

Physical condition in plant communities on a sand-bar and modeling of their distribution patterns

岡部 健士* 上田 幸伸** 鎌田 磨人* 梅岡 秀博*

Takeshi OKABE*, Yukinobu UEDA**, Mahito KAMADA*, and Hidehiro UMEOKA*

ABSTRACT: A detailed meshed vegetation map is presented based on the results of a full vegetation survey performed on a sand-bar formed in a downstream reach of the Yoshino River, Shikoku, Japan. The physical condition at each mesh element, for a period of 12 years prior to the time of the vegetation survey, is represented by a set of five hydrogeomorphic parameters calculated from geomorphic and hydrologic data. Each plant community is not distinctly characterized by community-specific averages of the parameters but rather by using histograms drawn with regard to all mesh elements in that community. Referring to the concept of PHABSIM (Physical Habitat Simulation System) developed for ecological estimation of riparian fish habitats, the histograms of each parameter are taken to be the preference curves for existing plants. A simple method to predict community distribution using the preference curves is proposed, and an example of its application is described. It is shown that this method is useful for rough prediction, however it should be refined for practical use.

KEYWORDS: Riparian plant-communities, Vegetation map, Hydrogeomorphic conditions, PHABSIM (Physical Habitat Simulation System), Modeling of community-distribution pattern

1. まえがき

近年、治水・利水と生態・景観環境の保全とを両立させる河川事業が指向されるなかで、河川生態系の基盤でもある植物群落の適正な維持・管理が一つの重要な課題とされている。そして、これを合理的に推進する際の基礎として、河川の物理環境が植物群落の分布と動態に及ぼす影響の定量的な把握、さらには、この成果を利用した将来予測法の開発の必要性が指摘されている。

河川の砂州上では、ヤナギ類、ツルヨシ、ヨモギ、オギなど、荒廃地の先駆種に属する群落が、各砂州に特有なモザイク状の分布形態を呈している。ところで、一般論として、ある時点における植物群落の分布状態は、いわゆる自動的・他動的な遷移と変動の総合結果である。ただし、砂州上の植物群落においては、比高、表層土砂の粒度、洪水の流体力、流砂とこれに伴う河床変動など、物理的な環境要因による他動的な遷移・変動が支配的と考えられている¹⁾。一方、植物群落は発達につれて洪水流に強く抵抗するようになり、結果として、立地の物理環境を改変する能力を発揮する²⁾。すなわち、砂州上の植物群落と立地の物理環境とは一種の相互作用系となっていることに十分留意する必要がある。

さて、過去数十年、河川水辺の植物群落と局所的な物理環境との関係に関する調査研究が盛んに行われ、多くの有用な成果が報告されている^{3),4),5),6)}。例えば、辻本ら³⁾は、手取川の代表的な河原植物の分布域について、比高や横断勾配の確率分布特性を調べた結果を紹介した。Aubleら⁴⁾は、米国ガニソン川での調査結果から、局所的な植種別被覆面積配分が冠水率によって系統的に変化することを示したのち、流量変化が植被状況変化に及ぼす影響を考察した。砂田ら⁵⁾は、釜無川を対象にして、草本類の被覆面積配分を $5\text{m} \times 5\text{m}$

*徳島大学工学部 建設工学科 Department of Civil Engineering, University of Tokushima

**㈱大成ロテック 東京支社

のメッシュデータとしてとりまとめ、それと比高との関係を回帰分析した。さらに筆者らも 1994 年以来、徳島県・吉野川下流域の交互砂州群に着目した調査・研究を進めてきた^{7),8),9)}。すなわち、現地では詳細な植生調査を実施するとともに、各群落内における物理環境の履歴を河道管理資料から求まる 5 種の指標値(以下、河状履歴指標と呼ぶ)で代表させ、これらを用いて各種群落に固有の物理環境特性を議論してきた。さらに、ある区画内における植種別の被覆面積率や任意点に出現する群落種などを河状履歴指標の情報から予測する手法についても検討してきた。ただし、これまでの研究では、河状履歴指標を約 200m 間隔で設定された定期横断測量断面内でしか評価していない。このため、群落固有の物理環境に関する成果には代表性の面に問題が残された。また、群落立地の物理環境を各指標の空間平均値のみで議論したため、環境適応性が強い砂州上の植物群落の棲み分け特性を十分詳細に把握するまでには至らなかった。

本研究では、まず、既存の植生図を 10m × 10m のメッシュデータとして整理しなおすとともに、群落内の物理環境特性を表現する 5 種の河状履歴指標についても、横断測量断面について求められたものから、3 次スプライン内挿法によって植生と同一のメッシュデータを構築した。ついで、各種群落の立地における河状履歴指標の特性を、その空間な平均値、変動幅および頻度分布の面から分析した。さらに、魚類を対象とした河川環境評価手法 IFIM^{10),11)}の一部を構成する Micro-habitat Model の一種である PHABSIM(Physical Habitat Simulation System)の概念を参考にして、頻度分布特性を選好度曲線として利用する形式の出現群落識別法を考案し、その適合性の検討を行った。

2. メッシュ化した植生図

調査対象地点は徳島県吉野川の下流部で、固定式の柿原堰と第十堰の間の交互砂州区間であり(図-1)これまで、河口からの追加距離が 17 ～ 23km の範囲にある 3 個の砂州について毎年の植生調査を継続してきたが、本文では区間中央、右岸沿いの砂州のみに着目する。

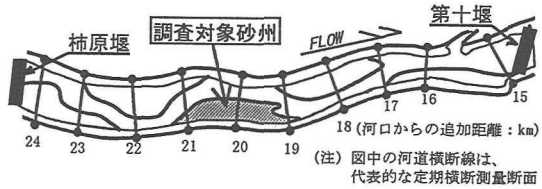


図-1 調査区間の概要

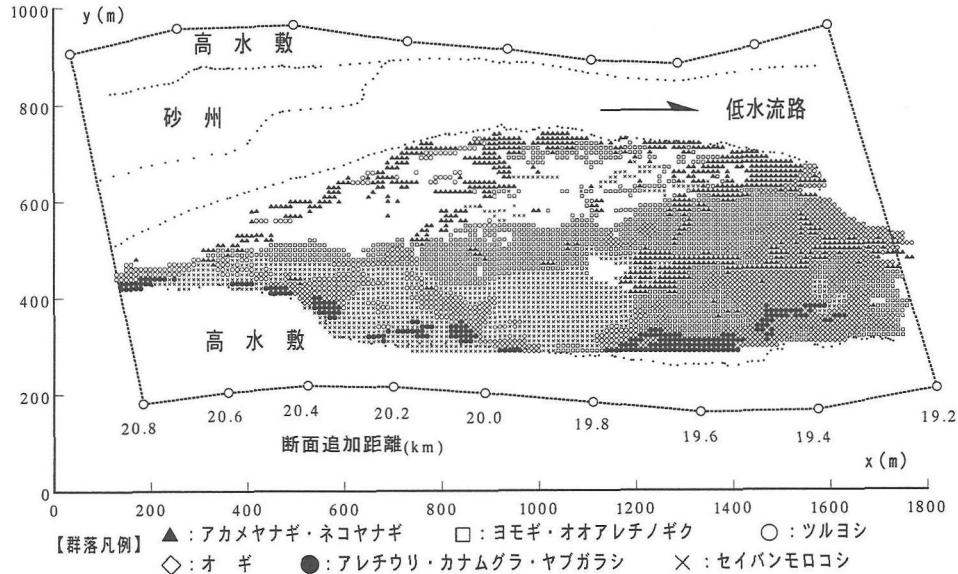


図-2 メッシュデータとして再整理した植生分布図

図-2は、1994年の植生調査結果⁷⁾を現地スケールで10m×10mのメッシュデータとして整理し直したものである。植物社会学的な観点からは合計12種の木本・草本群落を確認されたが、ここでは、それらを6種に統合している。とくに、裸地として空白とされた区域に存在していた細い帯状あるいは植被率の低いパッチ状の草本群落(シナダレスズメガヤ、チョウジタデ、ギョウギシバなど)は無視し、また、アカメヤナギとネコヤナギの群落は共存性あるいは隣接性が高いので、メッシュ図ではまとめて取り扱うことにした。

3. 群落立地の物理環境

3.1 河状履歴指標

群落の立地における水分条件、河床の安定性と表層砂礫の粒度、洪水時における流体力の大きさなどを総合的に評価するものとして、つぎのような5種の指標を用いている^{7),8)}。

- (1)累加河床変動量：ある年数の期間内で結果的に生じた河床位の変化量。
- (2)累加河床絶対変動量：同期間内の測定の度に認められた河床位変化の絶対値の総和。
- (3)平均比高：その変化を長くとも日単位でとらえた水位に対する比高の期間内平均値。
- (4)冠水時間率：ある期間の全時間に対する地盤冠水の生起時間の比率。
- (5)冠水時平均摩擦速度：冠水時間内の条件付きで平均された流れの摩擦速度。

これらの河状履歴指標値は、河道定期横断測量断面内の点については、その成果資料および流量・水位の時系列資料に基づき、不等流計算なども併用すれば算出できる。そこで、まず期間長を12年と設定し⁸⁾、注目する砂州を通る9個の測量断面内のそれぞれの中に等間隔で配置した201個の標定点について各指標値を求めた。しかし、図-2からも明らかなように、群落分布域のスケールは10mのオーダーであるから上記の標定点群は群落立地を代表するものとは言い難い。そこで、植生分布を表現するメッシュの全要素内の中心点における指標値を3次スプライン内挿法によって推定した。

3.2 立地を特徴づける河状履歴

砂州上の植物群落は、その種類に固有な河状履歴環境への適応性あるいは耐性を有しているのではなく、それらが競争する場として与えられた全空間(州全体)の中で、それぞれ最も好都合な場所を選ぶように棲み分けをしていることが確認されている⁹⁾。これを参考に、前項で求めた全メッシュ要素内の指標値を砂州領域における最小値と最大値の間で0~1となるように規格化した。すなわち、ある指標値 x が砂州領域において最大値および最小値それぞれ x_{max} および x_{min} をもつとき、各メッシュでの指標値 x_i を $X_i = (x_i - x_{min}) / (x_{max} - x_{min})$ のように規格化した。

図-3は、各種の群落の立地に含まれるメッシュ要素群について、規格化された指標値の平均値と変動幅を示したものである。なお、本図中では、図-2の凡例に挙げた群落の種類を省略形で示す(以下においても同様)とともに、

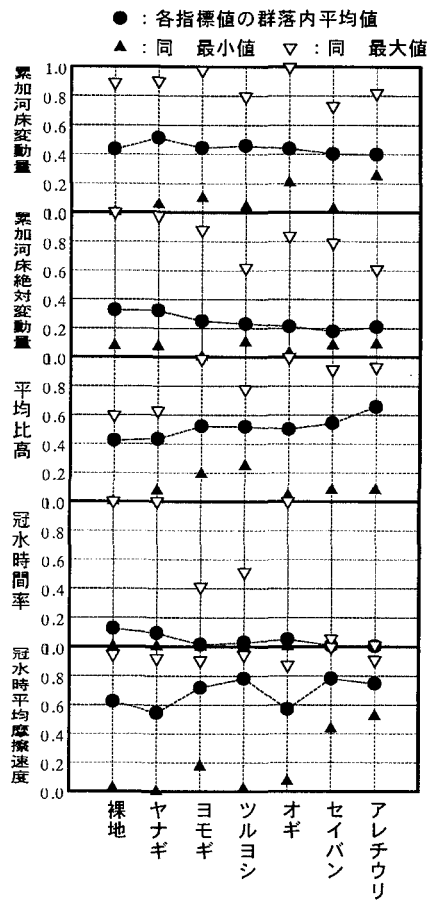


図-3 群落立地別にみた河状履歴指標の平均値と変動幅

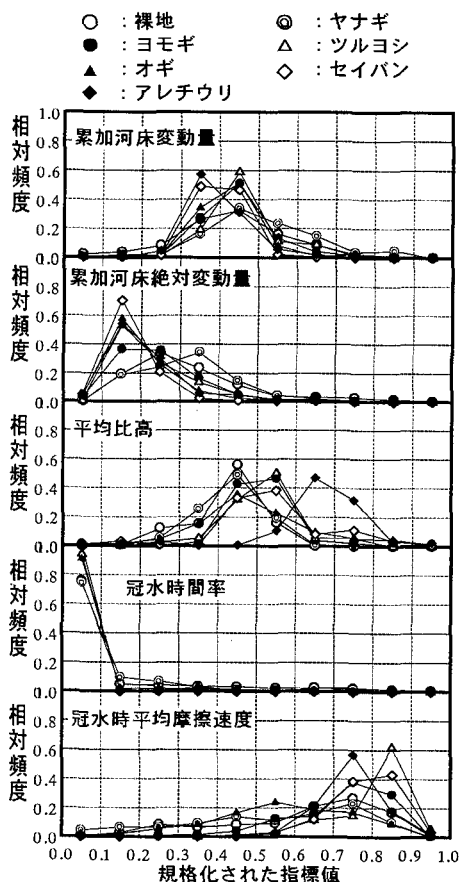


図-4 群落立地における河状履歴
指標値の頻度分布図

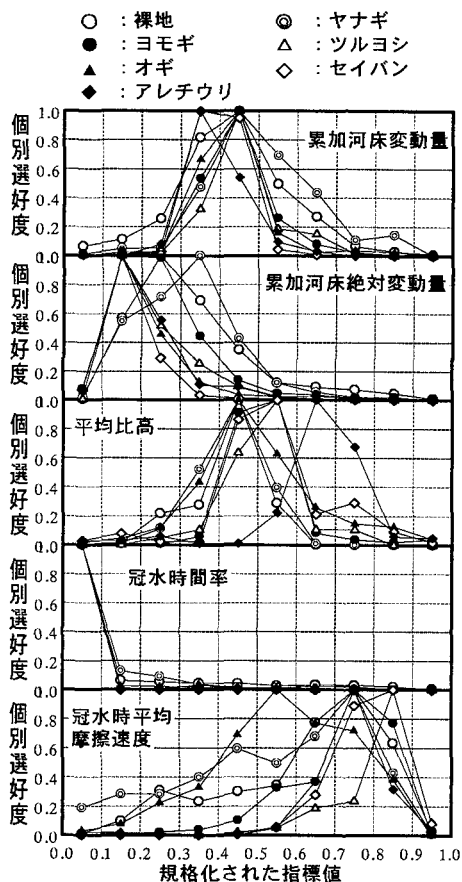


図-5 各種群落の選好度曲線

裸地領域の結果も併記している。各指標値の群落立地別の平均値は、植種の相違によって顕著には変化していない。また、ほぼ全ての指標が、二、三種の群落立地において、ほとんど等しい値をとっている。さらに、全指標値において、同種の群落立地に含まれるメッシュ要素群内での変動幅が、植種の相違に伴う群落立地別平均値の変化幅を大きく上回っている。これは、各群落種が幅広い物理環境への適応性を有していることの証左であるとともに、それぞれの種に固有な物理環境特性を各々の分布域の平均的な河状履歴指標値だけで議論することには無理があることを示唆している。

図-4は、同一の種類の群落立地に含まれるメッシュ要素につき、区分階級幅を0.1として、規格化された各指標値の頻度分布を描いたものである。冠水率に関するものを除き、各指標の頻度分布線には植種の相違による形状変化がある程度の有意性をもって認められる。ただし、例えばヨモギとオギの立地における累加河床変動量のように、ほとんど相違がない場合もある。また、図-3からもわかるが、各指標値が群落の種類によって異なる最小値あるいは最大値をとることも注目される。

以上の結果を植生の立場からまとめるとつぎのようである。すなわち、ある砂州の上に現存する植物は、その砂州のほぼ全域において生息する潜在能力を有しているが、植種によって物理環境条件への適応性や耐性にある程度の差や限界があるので、とくに交互砂州のように物理環境が系統的に分布する場では、比較的

明瞭なモザイク状の棲み分け状況が現れる。このような棲み分けに関わる物理的環境因子は多様であり、それぞれの因子に対する植物の応答にもその種類に固有の傾向があるように思われる。なお、植物群落の分布状態は、物理環境条件のみに支配されるものではなく、隣接する群落間で生じる競争の効果（自動遷移）も無視できないことは言うまでもない。

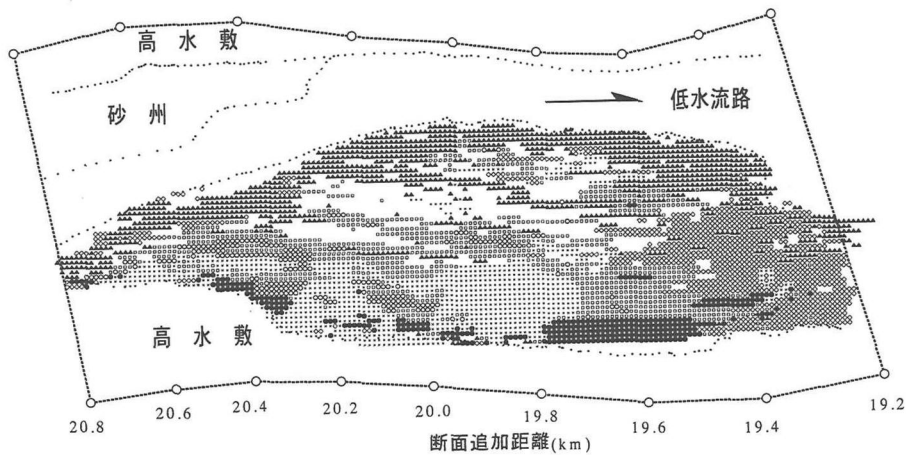
4. 河状履歴指標を利用した出現群落の識別法

河川の魚類生息環境評価法として最近注目されている IFIM^{(10),(11)}のサブシステムとしてよく利用されている PHABSIM の概念に習えば、図－4 に示した頻度分布は各植種の物理環境因子への選好度を表現するものとみることができる。そこで、PHABSIM を適用する際にとられる手続きと同様に、各頻度曲線の最大頻度を等しく 1 に引き延ばして選好度曲線を作成すると図－5 のようである。

PHABSIM では、まず、別途計算あるいは測定した局所的な物理環境因子群（水深、流速、カバー率など）のそれぞれに対する選好度をあらかじめ作成しておいた選好度曲線から求め、これらの結果の累乗積をとって局所的な生息適正を評価する。ついで、その空間的総和をとることにより、評価対象区間の生息場ポテンシャルを求める。これに対して、植生の適正な維持・管理を目指す立場からは、物理環境条件の評価が可能なる地点に出現する植種を識別できることが重要である。そして、図－5 のような選好度曲線を利用する具体的な方法として、つぎのようなものが考えられる。すなわち、ある地点での河状履歴指標が既知（あるいは何らかの方法で予測可能）の場合、まず、個々の植種について、全ての指標に対する選好度の累乗積をとってこれを各植種の総合選好度とする。そして、総合選好度が最大になる植種が出現するものと判断する。

この方法によるならば図－2 に示した植生図の再現がどの程度可能であるかを検討した。植種の識別の際に参照する河状履歴指標値のデータセットとしては、選好度曲線を描くために用いたものをそのまま採用した。ただし、冠水時間率は、これに対する選好度の植種間での相違がほとんど認められないので対象外とした。また、現地で確認された群落のうち、セイバンモロコシは、もともと高水敷で栽培されていたものがアレチウリやツルヨシを駆逐したものであり、その分布と物理環境履歴との関係は希薄と考えられることから、識別の対象から外した。

図－6 に再現結果を示す（群落種の凡例は図－2 に同じ）。全体的にみて、各群落の分布状況がある程度再現されているようである。ヤナギについては、低水流路の水際沿いおよび州の下流部の中央付近を中心に分布する傾向がよく再現されているが、とくに砂州の上流区域において、分布域が過大に評価されている。



図－6 提案した方法によって再現した植生分布図

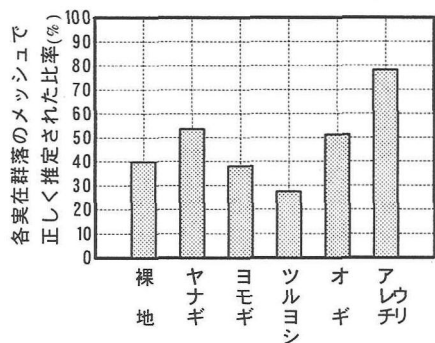


図-7 群落の種類ごとの正解率

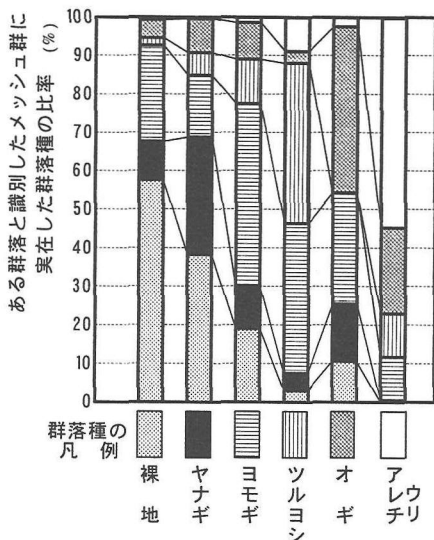


図-8 誤った識別のパターン

ヨモギ・オオアレチノギク群落では、裸地領域を縁取るように分布する傾向がよく表されている。しかし、砂州中央部にある帯状の群落域のかなりの部分が裸地と判断れている。ツルヨシについては、比較的小さなパッチで分散している状況がよく再現されているが、分布域には実際と識別結果

の間にずれがある。オギとアレチウリの再現性は他の群落に比して良好である。ただし、オギの場合、実際には分布していない砂州上流部のメッシュの多くで誤った識別がなされている。

各種の群落について、実際の群落内に含まれるメッシュの植種がどれほどの確度で識別されたかをまとめると図-7のようである。確度は、アレチウリでは 80%弱と大きいものの、ツルヨシでは 30%に達せず、全体としては概ね 45%となっている。また、図-8は、各種群落の出現を推定したメッシュ内に実際にはいかなる種類の植種がどのような割合で存在したか、換言すれば、メッシュ内の植種を誤って識別するパターンを示したものである。本法による場合、裸地とヤナギあるいはヨモギ、ツルヨシとヨモギ、オギとツルヨシなどを識別する際に誤りが生じやすい傾向が認められる。

5. あとがき

本文では、まず、砂州上の植物群落分布と物理環境因子に関するメッシュデータを分析して、群落分布が植種ごとにわずかつ相違する物理環境への適応性や耐性のバランスのもとに形成されていることを確認した。さらに、河川の魚類生息環境評価手法として開発された IFIM のサブシステムである PHABSIM を参考にしながら、メッシュごとの出現群落種の識別法を提案するとともに、その適用例を紹介した。メッシュごとに見た識別の正解率は概ね 45%と、必ずしも高くはなかったが、群落分布の概要はある程度良好に再現することができた。ただし、ここで示したものは予測法としては最も単純なフレームであり、今後とも、さらに改良を加えてゆく余地がある。

謝 辞：

本研究は、河川環境管理財団の研究助成を受けて行われた。また、建設省徳島工事事務所の方々からは、資料の提供や現地調査などで多大な協力を得た。ここに記して、関係各位に謝意を表します。

【参考文献】

- 1)石川慎吾：河川と河畔の植生，1997年度水工学に関する夏期研修会講義集（Aコース），土木学会水理委員会，pp. A-4-1－A-4-19，1997.
- 2)河川環境管理財団編：河川の植生と河道特性，第3章，pp.61-103，1995.
- 3)辻本哲郎・岡田俊治・村瀬尚：扇状地河川における河原の植物群落と河道特性-手取川における調査，水工学論文集，第37巻，pp.207-214，1993.
- 4)Auble,G.T., Friedman,J.M. & Scott,M.L.：Relating riparian vegetation to present and future streamflows, Ecological Applications 4(3), pp.544-554, 1994.
- 5)砂田憲吾・白石孝幸・岩本尚：河川植生の分布とその調査方法に関する基礎的解析，水工学論文集，第43巻，pp.965-970，1999.
- 6)李参熙・藤田光一・山本晃一：礫床河道における安定植生拡大のシナリオー多摩川上流部を対象にした事例分析ー，水工学論文集，第43巻，pp.977-982，1999.
- 7)岡部健士・鎌田磨人・林雅隆・板東礼子：砂州上の植生と河状履歴の相互関係，徳島大学工学部研究告，第41号，pp.25-38，1996.
- 8)岡部健士・鎌田磨人・小寺郁子：交互砂州上の植物群落分布とこれに及ぼす河状履歴の影響，水工学論文集，第414巻，pp.373-378，1997.
- 9)小寺郁子・岡部健士・鎌田磨人：河川砂州上に分布する植物群落の立地条件としての物理環境因子，環境システム研究，Vol.26，pp.231-237，1998.
- 10)Nestler,J.M., Milhaus,R.T. & Layzer,J.B.：Instream habitat modeling techniques, *Alternative in Regulated River Management*, edited by Gore,J.A. & Petts,G.E., CDC Press, 1989.
- 11)Stalnaker,C., Lamb,B.L., Henriksen,J., Bovee,K. & Bartholow,J.：The instream flow incremental methodology: A primer for IFIM, *National Ecology Research Center, Internal Publication*, National Biological Survey, USA, 1994.