研究展望

環境生態研究の展望

REVIEW OF RESEARCH ON ECOLOGICAL ENGINEERING IN JSCE

島谷幸宏

Yukihiro SHIMATANI

フェロー会員 九州大学大学院工学研究院 環境都市部門教授

(〒 812 8581 福岡県福岡市東区箱崎 6-10-1)

E-mail: shimatani@civil.kyushu-u.ac.jp

Key Words : environment, ecology, ecoengineering, restoration, conservation, river, seashore, road, assessment, ecological modeling, HSI, symbiosis

生物多様性国家戦略の策定、環境影響評価法の制定、目的に環境の整備と保全が加えられた河川法・海岸法の改定、自然再生推進法の制定など、自然環境を保全・再生する法律、制度が近年急速に整備された。

このような社会状況の変化に即応する形で、土木学会の中でも環境生態に関する研究は徐々に増加している。1980年代には、魚道の論文が数編見られる程度であるが1990年代になると、水系の分野を中心に研究が盛んになり、現在ではフルペーパーの査読着き論文が1年間に60篇をこえるまでになっている。研究分野も理念、基礎的情報の収集、目標や指標、予測手法など広範囲にわたり、対象とする生物も魚類、甲殻類、植物など30種類をこえている。今後ますます環境生態分野の研究が進展するものと思われるが、研究分野が専門家しつつあり、それぞれの分野で独自に発展する可能性がある。研究手法や理念などは共通項も多くまた、参考となる部分も多いため、土木工学分野の中で環境生態分野の研究者間の情報交換、意見交換ができる場の早急な創出が必要である。

1. はじめに

20世紀は科学技術が大きく進展した世紀であるが、一方で人類が自然環境を大きく改変した世紀でもある。その負の結果、生物多様性の大幅な低下、地下水資源の汚染と枯渇、ダム、堰、干拓などの大型公共事業の批判など様々な問題が生じている。20世紀の反省として、自然環境を保全あるいは人間が再び自然に働きかけ自然を再生するためのプロジェクトが始まりつつある。しかしながら、自然環境の保全や再生に必要な、体系化された思想、技術、知識などが統合された学問分野は確立されておらず、手探りでかつ試行錯誤の段階である。

このような状況の中で我が国の土木分野においても、新たに生態学を取り入れた環境研究が1980年代中盤ごろより開始され、今世紀になりその研究数も増大しつつある。ここでは、これまでになされた土木工学分野における環境生態に係わる研究をレビューし、現状と展望について論ずるものである。しかし、ここで題材とする環境生態の定義やその範囲は、実務者や研究者間によりすでに共有されている概念とはいいがたく、筆者なりの解釈による部分も多いと考えている。

2. 環境生態に関する法や制度

本章では、環境生態に関係する各種、法律や制度について取りまとめる。

1992年、国連環境開発会議開催にあわせて「気候変動に関する国際連合枠組み条約」とともに「生物の多様性に関する条約」が採択された。1993年、日本は18番目の条約締結国となり、現在は188カ国が条約締結国となっている。同年には環境基本法も成立し、基本的な施策として「生態系の多様性の確保、野生生物の種の保存などが図られるとともに、森林、農地、水辺地などにおける多様な自然環境が地域の自然的社会的条件に応じて体系的に保全されること。」が位置づけられた。政府は1995年、生物多様性国家戦略を策定し閣議決定した。生物多様性を保全するための取り組みが各省庁で行われることとなり、大きな転換点となった。2002年3月には、さらに発展する形で新国家戦略が制定され、対象範囲に海域が含まれ国土全体が対象となった。また新国家戦略は単に生物を対象とするだけではなく自然環境と関連施策の全般を論じたものとなっている¹⁾。

これより少しさかのぼるが、河川分野では1990年に多自然型川づくりの通達が出され、河川改修時に生物の良好な生息環境に配慮する川づくりが展開された。これは土木分野の公共事業の中で最初に開始され

た生物に着目した事業であり、1998年に制定された5全総の中に「多自然居住地域の創造」が盛り込まれるなど、多自然という概念は社会に大きな影響を与えた。

1997年、河川法が改正され、河川管理の目的に治水、利水に加え環境の整備と保全が加えられた。同様に1999年には海岸法が改正され、海岸の管理の目的に環境の保全と整備が加えられた。

1997年には環境影響評価法が制定された。この法律は大規模な公共事業に対して環境影響評価を義務付けたもので、それまで行われていた閣議決定に基づく環境アセスメントから手続き、内容ともに大きく進展した。環境影響評価項目に生態系が追加され、上位性、典型性、特殊性の観点から公共事業が及ぼす生態系への影響を予測することとなった。

2002年自然再生推進法が成立した。この法律は過去に損なわれた自然環境を取り戻すための取り組みを推進するための法律であり、自然保護行政を展開してきた環境行政から一歩踏み出す法律であった。

この法律の成立と前後して、釧路湿原の湿地再生、霞ヶ浦の湖岸帯の再生、多摩川の河原の再生、松浦川の氾濫原湿地の再生などの本格的なかなり規模の大きな再生事業が実施されるようになった。

以上のように、生物多様性の確保や自然環境の保全をめぐる法律や制度はここ10年で急速に整備されてきたことが分かる。

3. 環境生態に関する土木学会における研究の動向

土木学会内における研究の動向について俯瞰する。ここでの環境生態に関する研究とは、生物多様性の確保あるいは自然環境の保全・再生を目的とした研究を指し、生物を取り扱っているが、主たる研究目的が水質の浄化や治水を目的としたものは省いている。しかしながら、近年その境界は徐々にあいまいになっている。

(1) 論文数の変遷

土木学会で発表された、環境生態にかかわるフルペーパー査読付き論文の数の変遷を見てみる。ここで対象とする論文集は、河川技術論文集、水工学論文集、海岸工学論文集、環境システム論文集の4つの論文集である。このほか土木学会論文集、土木計画学論文集、環境工学論文集、海洋工学論文集にも論文が掲載されているが、数が少ないことから対象としていない。なお、近年、海洋工学論文集の論文数は増加している。したがって、ここで示した総数より、土木学会

図-1 環境生態関係論文数の変遷

全体ではさらに多くなっている。

図-1に環境生態に関する論文数の変遷を示した。1980年代の魚道研究にはじまり、1995年を過ぎると急速に論文数が増え始め、現在では年間60本を超える審査付き論文が生産されている。これらの研究の大部分は水の分野であり、河川の論文が最も多いが、近年、海岸・海洋分野の論文数の伸びが大きい。海岸工学論文集には水産分野の研究者あるいは工学者と水産関係の研究者の協働も多く見られ、それが論文数の増加につながっているものと思われる。また海岸工学論文集には民間のコンサルタントやゼネコンからの発表が多いのも特徴である。

水系以外の論文では、公園や里山に関する論文が数件見られる。環境システム論文集の論文数が減りつつあるが、これは環境システムは本来ソフト研究が主の分野であり、環境システム分野に投稿していた研究が精緻化するにつれて、それぞれの専門分野の論文集へ投稿が移っていったためであると考えられる。しかしながら、水以外の研究分野にとっては、現在も重要な受け皿になっていると考えられる。

(2) 研究手法について

図-2に、研究手法の変化を見るため、1997年、2003年の上記4論文集の研究手法について取りまとめた。ここで研究手法を便宜的に「理念や計画論などの思考を中心とする研究」「現地調査を中心的手法とする研究」「現地実験を中心とした研究」「室内実験を中心とした研究、既往のデータを分析・解析する研究」「個体群動態モデル、成長モデル、行動モデルなどのシミュレーションモデルを中心とした研究」、「調査手法や構造物などの開発研究」に分けた。複数の手法を用いている研究も多く見られるが、重複せず、どれかひとつの主たる手法に区分した。

1997年は現地調査が最も多く全体の71%を占めておりほとんどの研究が現象の理解に注がれている。一方、2003年になると現地調査37%とトップを占めているが、解析、シミュレーションモデル、現地実験な

図-2 研究手法の変化

どが増え、研究手法に幅が出てきていることがわかる。解析の中では、生物データに基づき生物の嗜好性をもとめ指標化をはかる HSI (Habitat suitability index) の研究など指標化の研究が増加している。

(3) 研究内容について

a) 理念、計画論

生態系や自然環境の保全・再生は土木工学にとって新しい枠組みであり、公物管理を対象としている土木工学にとってその基本的な考えを確立することは極めて重要な課題である。このようないわゆる基本的な考え方を示した理念研究が河川を中心にいくつか行われている。玉井ら²⁾は「人為的な活動のみをとめた時に出現する、潜在自然河川」の概念を提示し、河川の自然環境の特徴として「攪乱と更新」「縦断方向・横断方向の連続性」「河床形態の多様性」をあげている。辻本³⁾は玉井らの概念をさらに発展させ、「大規模なインパクトがなかった場合の潜在自然河川へ回復させることを目標とし、複数の代替案を構築し、将来予測を行い比較することが重要」とした。また島谷・萱場⁴⁾は物理・化学的な環境と生物との間にハビタット(すみか)という環境要素の集合概念である景観単位を通して理解することの重要性を説いている。また彼らは、「自然環境が人為的な影響を受けると自然環境は影響を受けその後時間とともにその影響は変化していく」というインパクト・レスポンスの考え方の重要性を示した。また海岸の分野では磯辺⁵⁾が沿岸域環境管理の枠組みを提案しており、「生物そのものを人為的に操作することは難しいから HEP にみられるように、物理・化学的な生息条件と生物生息量との関係を明らかにして、生息条件を制御していく必要がある。」と端的に述べている。この考え方は、島谷らの考え方より要素主義的であるが生物と物理的環境とを直接関連付けるため土木工学には分かりやすく、空間が大きく、変動が少ない海岸・海洋分野において研究の道筋を示した重要な研究であるといえる。

このような「潜在自然に近づける考え方」「インパ

クト・レスポンスの考え方」「物理・化学的な生息条件と生物生息量との関係を明らかにする」という考え方は現在においても重要な概念として、環境生態研究の基本概念となっている。しかし、自然再生事業や内湾の環境対策などに土木工学者が係わる中で、人為的な関与なしの自然再生が困難であることや自然環境の変化の予測が困難な場合が多いことに直面し、モニタリングを実施しながら計画にフィードバックする順応的管理などの柔軟な計画立案手法の必要性^{6),7)}が叫ばれるようになってきている。

具体的な計画論の提案研究も行われており、清野・宇多⁸⁾のカブトガニ産卵地造成手法、李ら⁹⁾のトンボを対象としたエコロジカルネットワークの形成手法の研究などがあげられる。

b) 基礎的情報の収集

自然環境の変化を予測あるいは評価するためには、基礎となる情報やメカニズムの基本的な知見があって初めて行うことができる。そのため基礎的情報の収集は生態環境の研究については基本であり、それ自体が重要な研究となっている。2003 年に行われた研究を見ても 60%程度が基礎的な情報の収集の研究に当てられている。

これまでに研究対象とされた生物や生息空間等をあげると、動物ではアユ、ウグイ、ヨシノボリ、ヤマメ、イワナ、ヒダサンショウウオ、シマアメトナボ、ヒメマイトトンボ、ゲンジボタル、ヨシエビ、ウミガメ、マアナゴ、イカナゴ、ヤリイカ、ハクセンシオマネキ、カワスナガニ、カブトガニ、ウニ、ヤマトシジミ、ホッキガイ、ウバガイ、サンゴなど、植物ではコナラ、ハリエンジュ、ヨシ、アキグミ、マングローブ、マコモ、ツルヨシ、ヒメガマ、クララ、ヒラモ、附着藻類、コンブ、アオサ、アマモなどがあげられる。また魚道は古くから研究されており多くの研究がある。また瀬・淵構造、天然河岸、ワンドなどの生育環境や人工干潟、ホテル護岸、鳥営巣ブロックなども研究対象とされている。非常に広範な研究対象となっている。

基礎的な情報の収集は現地調査が中心であるが、現地実験や室内実験などの実験的な手法も増加している。また近年、土木研究所自然共生研究センター¹⁰⁾や港湾空港技術研究所¹¹⁾などの公の研究機関による大型実験施設による成果が報告されつつある。

c) 環境目標や指標化

自然環境の保全や再生する際には、環境目標を設定することが重要である。目標設定には過去の環境と現在を比較する必要があるが過去を掘り起こすことは困難な場合が多い。注目すべき研究として遊鷹ら¹²⁾の過去の生物との付き合いをアンケート調査により明ら

かにした興味深い研究、環境目標として皆川・島谷¹³⁾の河原率を指標とした研究があるが研究例としては多くなく、さらに研究が必要な分野である。

一方、近年増加している研究が生物生息条件の指標化の研究である。アメリカで開発された IFIM (In-stream Incremental Methodology) や HEP (Habitat Evaluation Procedure) の一部である HSI (Habitat Suitability Index) を参考とした研究があげられる。前者としては松崎ら¹⁴⁾の河川の魚類を対象とした研究が、後者としては人工磯の付着動物を対象とした吉安ら¹⁵⁾の研究、干潟の多毛類を対象とした新保ら¹⁶⁾の研究、シオマネキを対象とした宇野ら¹⁷⁾の研究、河川の魚類を対象とした砂田ら¹⁸⁾の研究などがあげられる。研究が増加している分野である。そのほかにも島谷ら¹⁹⁾の shields 数がアマモの生息域を良く示すことを示した論文や小出水ら²⁰⁾の IBI (Index of Biotic Integrity) を底生魚類群集に適用した研究、山西ら²¹⁾のカワスナガニの研究などさまざまな生物生息条件の指標化の研究が展開されている。河川は流れがあるため調査が難しいこと、変動あるいは上下流との分断の影響で、その場の物理化学的な環境に必ずしも生物が対応していないことから、海岸・海洋に比べ指標化の研究が遅れているが、今後の研究に期待したい分野である。

d) インパクトとレスポンスの関係やその軽減手法

大規模な河川改修やダム、海上空港などは環境に影響を及ぼすと考えられる。河川では河川改修による環境の単調化の影響²²⁾、ダムによる流量の調節や土砂の抑止の影響、空港や海岸構造物などによる影響²⁰⁾などについて研究が行われている。特にダムの影響に関する研究^{23), 24)}は増加傾向にあり、流量の安定化や土砂のかん止による付着藻類への影響に関する研究^{25), 26), 27)}、ダムの影響を緩和するためのフラッシュ放流に関する研究^{28), 29)}など研究数が増加している分野である。

e) 予測手法

ここ数年で急速に研究例が増加しているのが生物の現存量や個体群、行動などのモデル化の研究である。Le Hung NAM ら³⁰⁾のヨシの成長モデル、中野ら³¹⁾のスナガニ類の個体群動態モデル、DUONG ら³²⁾や田代ら³³⁾の付着藻類の個体群動態モデル、渡辺ら³⁴⁾の底生動物の群集動態モデル、末永ら³⁵⁾のイカナゴの輸送モデル、下村ら³⁶⁾のアユを対象としてのランダムウォークモデル、灘岡ら³⁷⁾の大規模かつ広域的な観測にもとづいたウニの行動モデルなどさまざまなモデルが構築されている。

環境が安定した場や狭い空間など物理的な環境と生物との対応が密接な条件化においてシミュレーション

は有効であり精度の良い結果も得られ始めている。変動の多い場や広い空間に対しては、まだ課題が多いが、今後さらに発展すると考えられる分野である。

4. 今後の展望

以上見てきたように、土木工学分野における環境生態研究は、範囲も広がり、未解明な事項も多く魅力的な研究分野になっていることがわかる。以下に今後の課題や展望について簡単に述べたい。

(1) 理念、計画論

環境生態の分野に関しては 1997-1998 年にかけて、基本理念について様々な議論がなされた。しかしながら、ここ 5 年で研究成果も増加し、自然再生事業などの経験も経てきた。自然再生事業は、事前に考えていたよりも事業が難しいことが明らかになってきた。いくつかの要因が考えられる。「自然環境の予測が困難であること」「人間が与えた環境への影響と、自然の変動の関係の捉え方が難しいこと」「社会との関係の中で現状の自然が存在しているため、部分的な自然再生しか出来ず人間の関与なしでは再生された自然が維持できないという矛盾をはらんでいること」「人間が生活を営んでいる中で自然再生のため国民の理解が不可欠であること」などきわめて重要で基本的な課題が明らかとなってきている。

また、自然環境の保全や再生このような状況を考えてみると理念や計画論についてさらに議論が必要な時期にきていると考えられる。

(2) 目標設定および共生

自然の保全や再生を行う時に、「いつの時点あるいはどのような環境を目標とするのか」「人との共生をどのように図るのか」という目標設定や人との共生は重要な課題である。土木工学は国土形成のための学であり、実用の学である。単に自然現象を解明するにとどまらず、自然環境の保全や再生に取り組まねばならない。自然を取り戻したいという人がいる一方で、現在の環境の中で暮らしている人がおり、そこに軋轢が生じることもしばしば見られる。目標設定、合意形成、環境教育、環境の認知なども環境生態研究の一分野として発展することが望ましい。

(3) 変動、かく乱の取り込み

現在、私たちが接する環境は、時間的な履歴の結果である。したがって現在そこに成立している生態系や生物群集は必ずしも現在の環境を反映していない。た

たとえば、出水の後に河川の植生域が破壊された場合は、通常時の水のエネルギー状態を反映した植生分布にはなっていない。植物が繁茂して当然のところも植生が生えていないところがある。

もう少し時間スケールや空間スケールが小さい現象をあげてみよう。春の一時期（たとえば1週間）、稲作のために地下水がくみ上げられ、一時的に泉が枯渇する小河川がある。夏季その場所を訪れると水量は豊富で、水際には植物が繁茂し実に豊かな自然に感じるが、そこには魚類が生息していないという状況に遭遇する。これは、春の水枯れという一時的な現象に影響を受けているためである。

このような変化やかく乱は規則的なものもあるし不規則なものもある。現象として知られているものもあるし、知られていないものもあるだろう。

今後、計画論や予測にこのようなかく乱や変動をどのように取り扱っていくのは大きな課題である。

(4) 包括的な研究

以上のように環境生態の研究は個々の生物の生息条件を明らかにする研究から理念的な研究まできわめて広範囲に及ぶ。また自然環境は動的な現象と静的な現象、決定論的な現象と確率論的な現象が混在する複雑な環境である。自然環境を保全・再生するためには、これらを様々につなぎ合わせ、しかも包括的に事象を捉える研究が重要である。その意味では、個々の事例を包括的に捉えた事例研究に価値を置くべきである。

(5) 生物の研究者との協働

環境生態の研究は生物を専門とする研究者と土木工学の研究者との協働が不可欠であり、近年、両者の協力関係は進展してきた。筆者が関係する応用生態学会や河川生態学術研究会などでの経験を踏まえると、研究上用いられる用語についてはずいぶん共通化が図られたように思われる。しかしながら、データの処理方法や取得方法などについては、いまだに差異が見られる。生物データは時間的・空間的なばらつきが大きいため、多くの生物学者はデータを反復的に取得し、データを統計的に処理することが一般的である。一方、物理化学的なデータを通常処理してきた土木分野では、一点、一時期のデータに対しては基本的に一つのデータしか取得しない。これらは基本的なデータの性格に由来した論理的なデータ取得法であるが、それぞれの分野で習慣化しているため、物理的なデータと生物データが混在するとき、混乱が起きていることにしばしば遭遇する。これは、一例であるが、両分野が共同し、環境生態工学独自の手法を確立していく必要がある。

(6) 共通の場合

土木工学分野の環境生態研究は増大している。数年以内に論文数は100本をこえるであろう。また研究分野が専門家しつつあり、海岸工学あるいは水工学等、それぞれの分野で独自に発展する可能性がある。しかしながら研究手法や理念などは共通項も多く、また参考となる部分も多いため、土木工学分野の中で環境生態分野の研究者間の情報交換、意見交換ができる場の早急な創出が必要と考える。

7. おわりに

2005年4月、日本学術会議は「日本の科学技術の要諦」という声明を出した。2050年までに、わが国が「品格ある国家」「アジアの信頼」を構築することを国家ビジョンとし、10のミッションを設定し、環境と経済が両立する科学技術を進展することを謳った。10のミッションのうちの一つとして「自然との共生、自然の再生」があげられた。自然共生、自然再生は21世紀に人類が達成すべき重要な課題であり、今後、科学技術の一分野とし大きく進展していくものと思われる。

今回、土木分野の環境生態に関する文献をレビューし、研究分野が広がり、内容が高度化していることを再確認した。土木工学の分野においても、さらに、この分野が発展することを願うものである。

なお、今回の論文の引用にあたって、筆者の知識や認識が不足しているため、重要な論文が紹介されていないこともあると思われるが、どうか御容赦願いたい。

参考文献

- 1) <http://www.biodic.go.jp/nbsap.html> 環境省ホームページより
- 2) 玉井信行、松崎浩憲、白川直樹：潜在自然型河川の特性とそれに関する研究・河川管理の在り方について、第3回河道の水利と河川環境に関するシンポジウム論文集、pp. 147-152, 1997.
- 3) 辻本哲郎：河川景観の変質とその潜在自然への回復、第4回河道の水利と河川環境に関するシンポジウム論文集、pp. 147-158, 1998.
- 4) 島谷幸宏、置場祐一：河川の自然環境の保全とその構成、第3回河道の水利と河川環境に関するシンポジウム論文集、pp. 153-158, 1997
- 5) 磯部雅彦：ミディゲーションの調査分析と沿岸域環境管理の枠組み、海岸工学論文集、vol. 45, pp. 1236-1240, 1998.
- 6) 小松利光、安達貴浩、末松吉生：微調整可能な河川技術を目指そう！、第5回河道の水利と河川環境に関するシンポジウム論文集、pp. 19-22, 1999.

- 7) 池内幸司, 金尾健司: 日本における河川環境の保全・復元の取り組みと今後の課題, 応用生態工学, pp. 205-216, 2003.
- 8) 清野聡子, 宇多高明: カプトガニ産卵造成ミティゲーション手法に係わる指針案の提案, 海岸工学論文集, vol. 48, pp. 1381-1385, 2001.
- 9) 李承恩, 盛岡通, 藤田壮: 都市域におけるビオトープの連続性評価及びエコロジカルネットワークの形成に関する研究, 環境システム研究, vol. 27, pp. 285-292, 1999.
- 10) 萱場祐一, 伝田正利, 田中伸治, 島谷幸宏, 佐合純造: 直線河道における魚類生息環境の復元の試みとその効果, 自然共生研究センター実験河川を利用して, 河川技術論文集, vol. 7, pp. 369-374, 2001.
- 11) 桑江朝比呂, 三好英一, 小沼晋, 中村由行, 細川恭史: 干潟実験生態系による底生物群集の6年間にわたる動態と環境変化に対する応答, 海岸工学論文集, vol. 49, pp. 1296-1300, 2002.
- 12) 遊廣正秀, 嘉田由紀子, 藤岡康弘: 水辺の生物相と遊びの時代変遷, 環境システム研究 vol. 23, pp. 20-31, 1995.
- 13) 皆川朋子, 島谷幸宏: 扇状地における河川の自然環境保全・復元目標の指標化に関する研究, 環境システム研究, vol. 27, 1999.
- 14) 松崎浩憲, 玉井信行, 中村宇一: 魚類の生息環境評価に関する研究, 環境システム論文集 vol. 24, pp. 70-76, 1996.
- 15) 吉安勇介, 橋本秀典, 井上雅夫, 島田広昭, 端谷研治: HEPによる人工磯の付着動物に関する生息適性評価, 海岸工学論文集, vol. 49, pp. 1316-1320, 2001.
- 16) 新保裕美, 田中昌宏, 池谷毅, 林文慶: 干潟における生物生息環境の定量的評価に関する研究, 海岸工学論文集, vol. 49, pp. 1321-1325, 2001.
- 17) 宇野宏司, 中野晋, 古川忠司: 重み付き評価指標を用いた希少種シオマネキ生息適性評価手法, 水工学論文集, vol. 47, pp. 1075-1080, 2003.
- 18) 砂田憲吾, 熊木朋子, 川村和也: 河川の流況特性による魚類の生息適性のマクロな評価に関する検討, 水工学論文集, vol. 47, pp. 1123-1128, 2003.
- 19) 島谷学, 中瀬浩太, 中山哲蔵, 太田雅隆, 月館真理雄, 星野高士, 内山雄介, 灘岡和夫: 人工リーフ設置による外力場の変化とアマモ分布条件との関係について, 海岸工学論文集, vol. 48, pp. 1156-1160, 2001.
- 20) 小出水規行, 吉田司, 有山啓之, 矢特進, 玉井恭一, 中村義治, 入江隆彦, 阪上雄康, 小谷野喜二: 空港島建設に伴う底生魚類群集への影響評価の試み: IBI手法による環境監視データの解析, 海岸工学論文集, vol. 50, pp. 1131-1135, 2003.
- 21) 山西博幸, 楠田哲也, 李昇潤, 原浅貴, 村上啓介: 北川感潮部における水理・水質変動とカワスナガニの生息環境に関する研究, 環境工学論文集, vol. 37, pp. 173-181, 2000.
- 22) 島谷幸宏, 小栗幸雄, 萱場祐一: 中小河川改修前後の生物生息空間と魚類相の変化, 水工学論文集, vol. 38, pp. 337-344, 1994.
- 23) 足立敏之, 高橋和也: ダム運用に伴う下流河川の河床状態及び底生生物群集への影響と環境影響評価の課題, 環境システム研究, vol. 24, pp. 336-342, 1996.
- 24) 佐藤陽一, 岡部健士: ダム設置河川における魚類相と環境特性—徳島県勝浦川における調査から—, 環境システム研究, vol. 28, pp. 321-331, 2000.
- 25) 北村忠紀, 加藤万貴, 田代喬, 辻本哲郎: 砂利投入による付着藻類カワシオグサの剥離除去に関する実験的研究, 河川技術に関する論文集, vol. 6, pp. 125-130, 2000.
- 26) 戸田祐嗣, 赤松良久, 池田駿介: 単細胞・群体型付着藻類と糸状型付着藻類の増殖競争モデルの開発, 河川技術論文集, vol. 9, pp. 481-486, 2003.
- 27) 皆川朋子, 福嶋悟, 萱場祐一, 尾澤卓思: 出水が河床付着物に及ぼす影響に関する実験的検討, 河川技術論文集, vol. 9, pp. 475-480, 2003.
- 28) 大杉奉功, 尾澤卓思, 小笠原智宏, 角哲也: フラッシュ放流による河川掃流効果に関する検討, 河川技術に関する論文集 vol. 6, pp. 185-190, 2000.
- 29) 田中則和, 浦上将人, 宮川勇二: 生物の生息環境改善に資するフラッシュ放流計画手法, 河川技術論文集, vol. 9, pp. 103-108, 2003.
- 30) Le Hung NAM, 浅枝隆, 田中規夫, 湯谷賢太郎, 谷本勝利: ヨシ *Phragmites australis* の生長分解モデルによる物質収支の評価, 土木学会論文集, No. 713/VII-24, pp. 9-20, 2002.
- 31) 中野雅美, 上月康則, 鎌田磨人, 福崎亮: 河口域におけるスナガニ類の分布予測モデルの検討, 水工学論文集, vol. 45, 1027-1032, 2001.
- 32) Hong Son DUONG, 浅枝隆, 田中規夫, 谷本勝利: 種間の競争を考慮した付着藻類群集の変動解析, 土木学会論文集, No. 677/II-55, pp. 151-161, 2001.
- 32) 田代喬, 加賀真介, 辻本哲郎: 個体群動態モデルの生息場評価手法への導入に関する基礎的研究, 水工学論文集, vol. 47, 1105-1110, 2003.
- 33) 渡辺幸三, 吉村千洋, 小川原享志, 大村達夫: 生態学的パラメータによる河川底生動物群集の動態特性の評価, No. 734/VII-27, pp. 99-110, 2003.
- 34) 末永慶寛, 田中和広, 増田光一, 藤原正幸, 佐々木孝: 海砂採取による海底地形変化がイカナゴ仔稚魚輸送に及ぼす影響に関する研究, 海岸工学論文集, vol. 48, pp. 1246-1250, 2001.
- 35) 下村充, 白川裕之, 福井吉孝, 関谷明: 迷入防止法の開発ランダムウォークによる魚の挙動解析とその応用, 河川技術論文集, vol. 8, pp. 337-342, 2002.
- 36) 灘岡和夫, 二瓶泰雄, 花田岳, 藤井智史, 佐藤健治, 池間健晴, 鹿熊信一郎, 岩尾研二, 若木研水: HFレーザ・漂流バイ観測と数値シミュレーションによるサング幼生の広域輸送解析, 海岸工学論文集, vol. 48, pp. 431-435, 2001.

(2005.5.6 受付)

In recent years “National Strategy of Biological Diversity (1993)”, “Environmental Impact Assessment Law (1997)” and “Legislation for Nature Restoration (2002)” were established and “River Law (revision 1997)” and “Coast Law (revision 1999)” were amended to add environmental consideration and conservation of environment to the purpose of the laws.

Reflecting such a situation research papers concerning ecological engineering are increasing in Japan Society of Civil Engineers. There were only a few papers concerning fish way in 1980 s in the society and was some extension in 1990 s. In 2003, there were over 60 peer-reviewed papers in the society. The field of studies has been ranging over many subjects, philosophy, gathering basic information, analyzing information, index and modeling. The subjects of research are over 30 species, such as fish, amphibian, bird, crustacean, weed, plant. Research in the field of ecological environmental research will be advanced in the future.