

生態ネットワークの形成と道路環境

亀山 章*

今日、生物多様性の保全や生きものとの共生など、自然環境の保全に対する社会的関心が著しく高まっている。生物多様性の保全は、種における遺伝子の多様性、生態系における種の多様性、地域における生態系の多様性など、生物社会のそれぞれの段階で求められるものである。生きものの種を消失させたり、その生息環境に影響を及ぼさないように努めることは、あらゆる開発行為において求められており、道路整備においても生物多様性の保全を目的として、生きものを主とした自然環境の保全に強い関心が向けられている。本稿では、最近の道路整備と自然環境保全に関わる行政の動向をみながら、生態ネットワークに配慮した道路整備のあり方について考察する。

Formation of Ecological Networks and Road Environments

Akira KAMEYAMA*

In recent years, there has been heightened interest in conservation of biological diversity, wildlife co-habitation and other ways of preserving natural environments. Conservation of biological diversity is required at each biosocial stage—in preserving genetic diversity in wildlife species, in maintaining diversity of species in an ecosystem, and in conserving ecological diversity within a region. Making efforts to ensure that no wildlife species are lost and that there is no impact on their natural habitat is necessary in all acts of development. Consequently, conservation of natural environments, and wildlife in particular, has become an area of keen interest in road development too. This paper reports on recent administrative trends relating to road development and natural environment conservation to examine ways of implementing road development in a way that takes into account the natural environment.

はじめに

近年、環境に関する住民のニーズは、生物多様性の保全や生きものとの共生など、自然指向が強いものとなってきており、道路整備においても生きものを主とした自然環境の保全に強い関心が向けられている。これらについては、エコロードやエコロジカル・ネットワークなどの生きものとの共生を目的とした各種の施策や、環境影響評価法に基づく生物多

様性の保全などとして、近年の道路整備のなかで現実的な取り組みが始められてきている。

道路が私たちの生活にとって、なくてはならないものであることは言うまでもないが、一方では道路を建設する際に、森林地域や農村地域にある自然を消失させたり、そこにある多様な生物の種とそれらがつくりだす生態系に影響を及ぼすことも事実である。

地球環境問題の一つに生物多様性の低下が言われている。生きものの種を消失させたり、その生息環境に影響を及ぼさないように努めることは、あらゆる開発行為において求められていることであり、それは地球環境時代に生きる私たちの責務でもある。

そこで、最近の道路整備と自然環境保全に関わる

* 東京農工大学農学部地域生態システム学科景観生態学研究室教授
Professor, Laboratory of Landscape Ecology,
Dept. of Ecoregion Science,
Tokyo University of Agriculture & Technology
原稿受理 2003年3月10日

行政の動向をみながら、自然環境に配慮した道路整備のあり方について考えてみたい。

1. 社会的背景

今日、自然環境の保全に対する社会的関心は著しく高まっており、すべての人々が地球環境の保全に対して責任をもつことが求められるようになってきている。

建設事業においても、平成6年1月に策定された環境政策大綱のなかで、「健全で恵み豊かな環境を保全しつつ、ゆとりとうるおいのある美しい環境を創造し、地球環境問題に貢献することが建設行政の本来的使命であることを認識し」、「環境を建設行政の内部目的化する」ことを打ち出している。

道路審議会においては、環境政策の課題として、自然環境を守り回復する、というテーマで、「自然環境を守り生物多様性を保全するためには、道路整備に際してもその影響を極力小さくするように最大限の努力を注がねばならない。さらに、自然環境への影響に配慮し、道路整備によって減少した自然環境の回復を図ったり、代償措置を講ずることが必要である」と述べられている。

これを受けて、今後の環境政策の方向として、

- (1) 地域住民がもっている環境情報や環境に関する意見を計画に反映できるように、計画の構想段階から概要を公表することや、生態系やそれを支える森林・水辺空間などの自然環境を保全するための基本的な指針を策定して、環境保全・向上を重視した計画・設計への転換を図るなど、積極的に環境保全・向上を進める施策への転換
- (2) 既存道路の整備では、道路の法面などを緑化し、公園や河川とネットワークを構成するなど、自然環境の保全回復を進め、バイパス整備後の廃道などについては、植栽などにより自然を回復するほか、ネイチャートレイルとして活用を工夫するなど、地域社会や関係機関と連携し、住民参加型で進める、総合的な施策への転換

が提言された。

平成13年7月に内閣総理大臣によって決裁された「21世紀『環の国』づくり会議報告」によると、これからの社会には、環境の視点からの構造改革・意識転換が求められ、資源循環・自然共生型地域づくりが不可欠であるとされている。また、『環』のうちの一つである「生態系の環」では、積極的に自然を再生する公共事業である「自然再生型公共事業」を

推進することが提唱され、そのために自然環境の観点に立った調査検討を行うこと、ならびに市民、企業、研究者、NPO、行政などの多様な主体の参加を求めている。これに基づいて、平成14年度予算では、各種の自然再生型事業が企てられている。

自然再生は、道路や河川などの整備事業を行う際に、影響を緩和するために付帯して実施する環境保全措置とは異なり、自然を再生すること自体を目的とした事業である点に特徴がある。

平成14年3月には、新・生物多様性国家戦略が決定され、自然の保全はもとより、自然再生に積極的に取り組むなどの施策の転換が示されており、道路空間についても生物多様性に配慮した保全・整備が必要とされている。

2. エコロジカル・インパクト

生きものや生態系への人為的影響を、エコロジカル・インパクト(ecological impact)という。これは、道路の建設工事の際の土地造成などの直接的な営力(impact)と、それに対する生きものの逃避行動などの反応(response)、反応が累積して生じるバリアー・影響(barrier effect)などの影響・効果(effect)から成るものである。エコロジカル・インパクトは、生きものや生態系に配慮する際の基礎的な知見として重要である。

エコロジカル・インパクトは、開発が進んだ都市の中で顕著にみられる。都市内の生物社会は、自然の生物社会と比較すると、種数や個体数の減少などのゆがみを生じている。このように都市環境のなかでゆがんだ生態系を、都市生態系と呼んでいる。

道路の建設によってエコロジカル・インパクトが生じる原因は三つあると考えられる。

第一は、道路の建設によって生物の生息地が消失することである。これは、生態系の上位に位置する哺乳類や猛禽類などの大きな生息空間を必要とする生きものや、湿地・湿原などの特殊な環境に生育する生きものへの影響が大きい。

第二は、道路の建設工事や供用後の自動車交通によって生じる大気汚染、騒音、水質汚染などが原因となって、生きものの生育に不利な環境が生じていることである。大気汚染に弱い植物や自然性の高い植物群落を特徴づける種が消失して、自然生態系の構成要素が少なくなることや、自動車による野生動物の交通事故(ロードキル: road kill)などがそれである。

近年、夜間照明が生きものの生活に大きく影響を及ぼすことから、新たな公害とされた光害（ひかりがい）もその一つである。夜間照明が成虫のホタルにとって、最も大きな生息阻害要因となっていることは、近年、知られてきていることである。野生動物の多くが夜行性であることを考えると、光害は大きなものであることが予想されるが、実態は明らかにされていない。

汚染された環境では、ハシブトガラスやドバトなどの都市化動物の個体数が増加したり、帰化植物や帰化動物などが数多く出現するようになる。

第三は、樹林や草地などの生きものの生息空間が道路建設によって分断化され、孤立化していることによるものである。生息空間の分断化と孤立化とは、遺伝的情報の孤立化の原因になる。生きものは遺伝子を移動させることによって、そこに生育している種集団（個体群）の遺伝的情報の孤立化を回避している。遺伝的情報の孤立化は、遺伝的情報の貧化につながり、その結果として種の消失と生物多様性の低下をもたらす。

遺伝子を移動させる方法は、植物と動物によって異なるが、遺伝子を移動させるためには移動の手段と移動のための空間について考える必要がある。

植物の場合は遺伝子は花粉と種子によって運ばれる。花粉は風で運ばれる風媒花、昆虫などによって運ばれる虫媒花、水で運ばれるものなどに分けられる。虫媒花では、花粉を運ぶ送粉昆虫が光害などの影響によって少なくなると、運ばれにくくなる。

種子は風で運ばれる風散布、動物に運ばれる動物散布、水で運ばれる水散布、重力で地面に落下するだけの重力散布などがある。タンポポのような風散布の種子は遠距離を移動できるが、陸上を移動するネズミなどの哺乳類が運ぶ動物散布の種子は、分断化がすすむと運ばれにくくなる。動物散布の種子のなかでは、鳥散布の種子は分断化の影響を比較的受けにくいために、鳥散布の植物が多く繁殖するようになる。

動物の場合は、個々の個体が遺伝子をもって自ら移動する。そのため、動物の場合には移動手段と移動空間の関係が重要になる。動物の移動手段は、次の三つに大別することができる。

- (1)水中移動動物は、魚類、両生類、水生昆虫などの、水中で生活して水中を移動空間とするもの
- (2)空中移動動物は、鳥類、昆虫類などの空中を飛翔して移動する飛翔性動物

- (3)陸上移動動物は、哺乳類、爬虫類、両生類などの陸上を移動する動物

これらの動物のそれぞれについて、移動空間と移動経路および移動時間を知ることが、遺伝的情報の孤立化を回避するために必要である。

エコロジカル・インパクトが大きくなると、生態系の構造を単純化して、生物多様性を低下させる。

3. 自然環境の特性

生きものと共生する道路づくりを進める際に、地域の生きものや自然に関する情報がきわめて乏しいことが大きな障害となる。これは自然環境の特性として理解すべきことである。

一般に地域の生きものや自然に関する情報は、かなりの程度、得られていると考えられがちであるが、エコロードの計画や環境影響評価の調査などに取り組むと、情報の少なさが痛感される。

環境影響評価における自然環境の調査・予測・評価においては、その精度や信頼度などが自然の未知性や不確実性に強く支配されていることが多い。例えば、植物相や動物相の調査で動植物のすべての種をリストアップすることは大量の調査員を動員したとしても不可能であり、また、オオタカのように人間の視力の8倍から20倍と言われる視力で、自分を調査にきた調査員をいち早く見つけて姿を隠す超能力ともいえる習性をもっている動物では、生息地を特定するのが難しいことがある。超能力は言い換えれば自然の未知性に他ならない。

自然環境への影響の予測に関しても、未知な部分が多いために、トレンド予測やモデル予測は困難であり、試行的な段階を設けることや、工事中と供用後の追跡調査が必要になる。さらに、影響の評価についても基準を設けるための既知の情報が乏しいために、影響を軽減させるミティゲーション（環境保全措置）の手法の導入が有効になる。

限りなく存在するともいえる生きものの種のなかで、その発生（誕生）から死にいたるまでの生活史が知られているのは、作物や家畜などの栽培や増殖の対象とされる種や、害虫や雑草などの防除の対象となる種に限られている。特に、野生生物では生息環境などの生態的特性が明らかにされているのはきわめて少なく、個々の種について、その分布や個体数が詳しく知られているものはほとんどない。

これは長い年月をかけて築かれてきた自然の多様性によるものであり、多様性によって持続性が保障

されるという自然環境の本質的な特性である。したがってこれらについて知るためには、限りない労力が必要であることを理解しなければならない。自然は限りなく未知なものであり、それに関する情報は常に不確実な要素を含んでいる。

自然環境の調査においては、精度が不十分であることや、影響の予測が不確実であることは、回避できないこととして受容せざるをえない。

道路建設と生物多様性保全との関係を考える際に、道路建設を進める工学の発想と生物多様性の保全を図る生態学の発想の違いを理解しておくことは重要である。

一般に道路の計画や設計は、工学の教育を受けた技術者によってなされるが、工学の考え方と自然の特性との間には大きな隔たりがあることを知っておくべきであろう。

工学的な思考の特徴は、鉄やコンクリートのような材質・強度・性能などが既知の材料を用いて、土質工学や構造力学などの既知の理論にしたがって、合目的・合理的にものをつくりだすことにあり、そのプロセスにおいては、未知性や不確実性は危険な要素として極度に排除される。それが堅実で確実なものづくりの原則である。

一方、生物多様性保全の対象となる生きものや生態系などの生物的自然は、未知や不可知の部分がきわめて多く、未知性や不確実性は生物的自然の特徴でもあると言える。未知性や不確実性は、工学的発想で行われる建設行為に対しては根源的に矛盾するものであるが、従来はこのことについて明確に意識化されることはなかった。今後、生物的自然に手を加える際には、未知の部分を明らかにするための調査が必要であることを、十分に理解すべきであろう。

4. 道路建設における生物多様性保全

道路建設において生物多様性保全を図る計画には、道路を線状の構造物としてとらえるエコロードの考え方と、道路がつくられる地域を面的にとらえて対応しようとする生態ネットワーク (ecological network) の考え方がある。

エコロードは、生きものや生態系にやさしい道づくりを目指すものであり、1990年代の初頭から各地で試行的に取り組みられ、その後、第11次道路整備5箇年計画のプロジェクトの一つとして進められてきた。

エコロードは、道路建設に際して生きものや生態系に対する影響を軽減することと、道路法面やサー

ビス施設用地などの道路用地を積極的に活用して生きものの生息環境を造成し地域の自然環境の改善に役立てようとする二つの側面からなっている。

前者は、環境影響評価のミティゲーションに相当するものであり、後者は、生態系の復元と創出を目的としたものである。両者とも、生きものの生息環境である「ピオトープ」の保全・創出技術を用いて行われる。

生態ネットワークの計画は、生きものや生態系を保全するために市町村や広域圏で策定される計画であり、ピオトープの保全やピオトープ相互のネットワーク機能の確保などを目的とした計画である。目標や水準を設定するためには、地域の自然に関する情報が十分にあることが望ましく、それをもとにして開発によって分断化され孤立化の危機にある地域の自然をつなぎ合わせる計画の作成が可能にされる。しかし、実際には地域の生きものや生態系に関する情報はきわめて乏しく、このことが計画の作成を困難にしてきた。最近、地方自治体において、生態ネットワークの計画をつくらうとする動きがみられるのは道路整備にとっても好ましいことと言える。

エコロードや生態ネットワークを道路用地を用いて実現させるためには、それを担保する制度の整備も重要である。現存する道路の環境施設帯は、沿道住民の生活環境を保全するための緩衝緑地帯であるが、その概念をさらに広くした自然環境施設帯を制度化することが望まれる。ドイツでは、道路が河川などと交差する部分において、自然環境保全のための付帯計画を作成しているが、これは参考となる手法の一つである。

5. 生態ネットワークの計画

生きものや生態系を保全することを目的として策定される生態ネットワークの計画では、地域の生きものの現状を知って生態系の特性を明らかにすることと、エコロジカル・インパクトの現状と要因について知っておくことが必要である。それをもとにして、地域の生態系を健全なものにしていくためには、地域にある自然地や公園緑地や、道路・河川などのさまざまなピオトープを保全することと、生態系のゆがみを生じさせるエコロジカル・インパクトの原因を取り除くことが必要であり、ピオトープの保全と創出、生育環境の改善、生息空間の連結性の確保の三つの課題が、生態ネットワークの計画としてまとめられる。

生態ネットワークは、ピオトープの連結性を確保させることから、ピオトープネットワークということもある。

生態ネットワークの計画は、地域の生きものや生態系に関する基本的な計画であり、道路整備や河川整備や公園緑地整備などのさまざまな整備事業と連携して進めることが望ましい。

5-1 ピオトープの保全と創出

生物多様性保全は、生物の種のレベルでは遺伝子の多様性として考えられる。エコロジカル・インパクトで述べた生物の生息地の消失の問題は遺伝子情報の消失の問題であり、これを解決するためには、生物の生息地となる緑地をできるだけ大きな面積で確保することと、ピオトープを保全し、悪化した部分を修復し、さらにピオトープを積極的に創出することである。

5-2 生育環境の改善

生育環境の問題についてみると、大気、土壌、地下水水位などの環境要因が生物の生息に及ぼす機構を解明するのはきわめて難しい。これらの要因は、個別の要因として作用しているだけではなく、環境の総体として複合的に作用していると考えられるので、因果関係の全体を解明するのは困難である。しかし個々の要因を個別に改善していく努力を続けることは、この問題に対するもっとも基本的な態度である。この問題は、大気汚染を例にすると、大都市においてSO_xの濃度が減少してきているように、長期的には技術的に解決されることが可能であると考えられる。しかし一方では、光害のように、新たに見つけだされるインパクトもあることから、常に注意をしていることが必要とされる。

5-3 生息空間の連結性の確保

都市のように開発が進んだ地域において生態系を保全するためには、分断化・孤立化の可能性がある生息空間の連結性を確保する必要がある。特に道路の整備では、生息空間を分断化・孤立化させる可能性が大きいので、十分な注意が必要とされる。

生物の生息空間を結ぶ移動のための通路を生態回廊(コリドー)という。都市のなかでは、河川・水路や道路がコリドーの役割を果たすことが大きい。河川や水路は魚類や水生動物の生息空間になっているだけではなく、堤防や河川敷は陸上で生活する動物の生息空間や移動経路として使われている。東京の多摩川は幅広い河川敷が野生動物の宝庫になっているだけではなく、同時に河川敷が野生動物の移動経

路の大動脈となっており、東京湾の河口に近い地域にまで多様な動物相を運ぶコリドーとしてネットワークの役割を担っている。また道路の法面などの連続した緑地も、コリドーとしての役割を担うことができる。

6. 環境影響評価制度

6-1 構想・計画段階における取り組み

生態ネットワークの形成には、環境影響評価制度の役割も大きい。特に構想・計画段階における取り組みと、環境保全措置の取り組みが重要である。

現行の環境影響評価法の特徴の一つに、事業の計画の早期の段階から、アセスメントに取り組めることがあげられている。これがスコーピングの段階である。環境影響評価の対象項目や、調査・予測・評価の手法を選定することをスコーピングという。環境影響評価法では、方法書を作成する段階で、調査項目を選定することになっており、この段階でスコーピングがなされる。

自然環境を保全するためには、開発行為の立地選定がきわめて重要であり、立地選定がなされた後に保全対策をすることによって環境への影響を軽減できる余地は少ない。そのため、道路建設においても、道路の立地選定の段階で地域の自然環境の特性を把握して、地域の自然的・社会的特性に応じて路線を検討する必要がある。

計画の熟度が低い段階での取り組みには、複数の代替案を用いて比較検討する方法と、計画案に幅をもたせて検討する方法が考えられる。従来、わが国の公共事業では、最善の案を一つに絞って検討することが習慣化されてきたために、複数の代替案を示すやり方にはなじみが少ない。そこで、道路事業では、複数の路線案で検討するのではなく、数百メートルの路線帯を設けて、そのなかに複数の路線案があると想定して検討する方法がとられている。

計画の熟度が低い段階や立地選定段階の環境影響評価は、計画アセスメントや戦略的アセスメントと呼ばれる。計画アセスメントや戦略的アセスメントは自然環境の保全にとって望ましい環境アセスメントの制度であり、近年、各省庁で具体的な方法について検討が進められている。

事業の内容が確定されてから行われる環境影響評価に対して、計画の初期の構想段階で行う計画アセスメントや戦略的アセスメントが望ましいことについては、多くの識者から指摘されているところであ

るが、それを実現させる方法は、現行の公共事業のプロセスのなかでは容易ではない。

しかし環境の内部目的化を目指す国土交通行政においては、道路計画の初期の構想段階から自然環境に関する調査を行い、自然環境に配慮した適切な路線選定を行うことは必要であろう。これは環境影響評価のように制度化しなくても、実質的に行うことができるはずである。ドイツのアウトバーンの建設では、路線計画の初期の段階、すなわち路線選定の段階から自然環境の調査が十分に行われており、それに基づいて路線が選定されている。そのため、自然環境を保全するうえで重要な地域は、路線の選定から外されている。その後線形設計が行われるために、線形設計の段階では、自然環境の保全に関する課題はきわめて少ないものとなる。環境アセスメントはこの段階で行われるために、アセスメントで対応すべき課題は少ない。このように環境を内部化する計画のプロセスを確立していけば、アセスメントに過大な期待を寄せなくてもすむであろう。

さらに道路の整備は周辺地域の開発を誘発するために、地域の環境を長期的に見据えた戦略的アセスメントを行うことも重要である。また、地球温暖化物質の排出のような地球規模での環境問題に対処するためにも、今後、戦略的アセスメントの導入には大きな期待が寄せられている。

6 - 2 環境保全措置

環境影響評価法においては、環境影響がないか、またはその程度がきわめて小さいと判断される場合のほかは、環境保全の目標を達成するために、回避・低減・代償などのミティゲーションを検討しなければならない、とされている。ミティゲーションではまず回避と低減を行い、それが困難な場合に代償措置を行うという優先順位を明確にする考え方が大切である。

自然環境を保全する際に、最も配慮すべき自然環境の特性は、前述したように自然の未知性と不確実性である。そのため、道路整備における自然環境の保全に際しても、自然の未知性と不確実性を前提とした対応のあり方が模索されなければならない。また、不確実な調査・予測・評価に対しては事後調査が必要であり、知見が不十分な環境保全措置についても同様に事後調査が重要になる。自然環境に関する環境保全措置は、これまでの経験が少ないために、効果に関わる知見が不十分であることが多い。しかしその場合にも、事後調査を行うことを条件にして

実施することとされている。これも自然の未知性を前提にした考え方である。

7. ピオトープの整備

ピオトープ(biotop)とは生物の個体あるいは個体群がすんでいる場所のことであり、生活できる環境条件を備えた場所のことである。ピオトープは生息場所ともいい、ハビタット(habitat)とほぼ同義に用いられる。語源的にはバイオ(bio:生物)とトープ(top:場所)を組み合わせたもので、ドイツ語圏で使われることが多く、英語圏ではピオトープに相当するバイオトープよりもハビタットという用語が使われることが多い。

生物の生息場所は生活諸条件と密接に関わる場であるため、単に位置的場所としてではなく、特定の個体あるいは個体群にとっての生活環境として把握され、その性状・状態として識別・表示されるものである(岩波生物学辞典)。

ピオトープは生態学では古くから用いられた概念であるが、生息環境の質的特性に着目して使う場合と、生息場所の地形などの立地的特性に着目して使う場合、あるいは生息地の分布地としての位置的特性に着目して使う場合など、使う人によって内容が異なることがある。

ピオトープというと池や水辺のことだと思う人が多いが、ドイツのピオトープとして紹介される事例の多くが池や水辺のものであることによるのだろう。しかし実際には、ドイツのピオトープを例にすると、保護の対象とされているものには、河川や水路、あるいは池や沼などの水辺もあるが、一つのまとまった森林や岩盤が露出した崖地、極端に乾燥した裸地など、さまざまな環境に存在するものがある。

生きものや生態系を保全するためには、生態系の仕組みを知ること、インパクトと影響について知ることが重要であることはすでに述べてきたが、ピオトープを保全・創出するためには環境ポテンシャルについて知ることが重要である。環境ポテンシャルとは、生態系の復元や創出の潜在的な可能性のことであり、生態系の基盤が存立する可能性をさす、立地ポテンシャル、生態系の基盤がつくられた後に、周囲から動植物の種が供給される可能性をさす、種の供給ポテンシャル、移入してきた植物がその場所で生育できる可能性をさす、種の生育ポテンシャル、動植物の種間の生物間相互作用の存立可能性をさす、社会的環境ポテンシャル、生態系の遷

移の可能性をさす、生態遷移ポテンシャルの、五つのポテンシャルに分けて評価される。

環境ポテンシャルの評価において重要な視点は、都市の自然が変化し続けていることを認識することであり、それとともに環境ポテンシャルも変化してきていると考えることである。

おわりに

生物多様性の保全は、種における遺伝子の多様性、生態系における種の多様性、地域における生態系の多様性など、生物社会のそれぞれの段階で求められるものであり、道路整備においても生物多様性の保全を目的として、生きものを主とした自然環境の保全に強い関心が向けられている。エコロードや生態ネットワークなどの生きものとの共生を目的とした各種の計画技術や設計技術は、近年の道路整備のなかで現実的な取り組みが進められてきている。

これらの技術の開発では、生きものの未知性や不確実性を考えながら進めることが重要であり、従来の建設技術とは異なるあらたな生態工学の技術として確立されていくことが期待されている。

参考文献

- 1) 亀山章「道路整備における生態系の保全手法」『自然環境復元の技術』朝倉書店、1992年
- 2) 井手久登・亀山章編『ランドスケープ・エコロジー - 緑地生態学』朝倉書店、1993年
- 3) 亀山章編『エコロード - 生き物にやさしい道づくり - 』ソフトサイエンス社、1997年
- 4) (社)日本造園学会編『ランドスケープ大系第5巻 ランドスケープエコロジー』技法堂出版、1999年
- 5) (財)都市緑化技術開発機構編『都市のエコロジカルネットワーク - 人と自然が共生する次世代都市づくりガイド - 』ぎょうせい、2000年
- 6) 森本幸裕、亀山章編『ミティゲーション - 自然環境の保全・復元技術 - 』ソフトサイエンス社、2001年
- 7) 亀山章編『生態工学』朝倉書店、2002年