

37. 新しい評価軸としての環境性に関する基礎的検討

AN EXAMINATION ABOUT THE ENVIRONMENTAL EFFICIENCY AS A NEW STANDARD OF VALUATIONS

小澤徹三*・倉井達夫*・藤田 豊*

Tetsuzou KOZAWA, Tatsuo KURAI, Yutaka FUJITA

ABSTRACT ; A new evaluating method about the environment is necessary to promote the earth environment preservation though the economy is only one standard evaluation in many businesses. The evolution level of a plant succession is evaluated quantitatively and the correlation among the vegetation, the animal, and the microorganism is examined. With them, the ecosystem evaluation technique was investigated. The wild vegetation germinated and grown with the composts made from the vegetable materials in the road is planted in the spot where its seed was corrected. And its method was developed for the ecosystem restoration and the recycling.

KEYWORD : ecosystem, recycling, wild vegetation, restoration, succession

1. はじめに

現在、ほとんどの事柄についてコストパフォーマンス（C/P 比）が評価され、「経済」というある一定の価値観の下に各種判断が実施されている。しかし、あらゆる事象が地球的規模で影響し合うような現代においては、世界共通の価値観と同時に、生存性を高めるための多様な価値観が求められているものと言える。

近年における環境保全に関する関心の高まりは、「産業公害→生活環境→地球環境（自然環境）」へと質的な変遷を遂げ、これに伴い、対応策も事後から予防、外部処理への依存から内部目的化することによる自主的取り組みへと変わりつつある。これは、加害者も被害者になりうること、因果関係が不確実であり明確になった時点で対策を行っても遅すぎる場合があること等の問題があるためである。そのため、「環境」を新しい評価軸として検討する必要がある、利潤の追及を主目的とする私企業においても、従来の主要な評価軸としての「経済性」と新しい評価軸として“環境”の性質等を示す「環境性（仮称）」とをどう調和させていくかということが、事業の継続にとって生命線になりつつあるものと言える。特に、生態系の保全については、環境アセスメント法等での予測・評価対象となっていることを始め、対応策によっては現実に事業の継続が困難になる場合も生じている。そのため、生態系の予測評価手法と共に、生態系の保全技術の開発が必要となっている。

日本道路公団では、自然復元度（生態系）評価手法とともに自然（生態系）復元工法を開発し、生態系に関する評価から対策までの手法の検討を行ったので報告するものである。

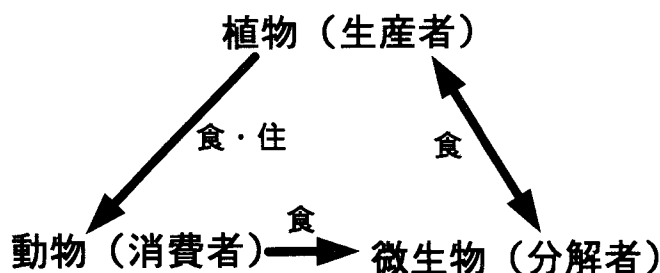
*日本道路公団 試験研究所 交通環境研究部 緑化研究室 Landscape-ecology Division, Traffic and Environmental Research Department, Expressway Research Institute, Japan Highway Public Corporation

1-4-1, Tadao, Machidashi-city, Tokyo, JAPAN, 194-8508 TEL : +81-42-791-1621 ・ FAX : +81-42-792-8650

2. 緑化の基本的考え方

緑化は周辺の自然環境に対して、地形の改変や生育環境の変化を緩和するように働き、主な役割としては、次の事項が挙げられる。

- ・新規に伐採した林縁部分を保護し、道路が既存樹林に及ぼす影響を緩和する林縁保護機能
- ・新たに道路のり面等に創造した樹林が、周辺動植物種の生息および利用空間となるビオトープ
- ・道路のり面等における土壌浸食を防止し、樹木周辺の温度低下等の微気象緩和機能等



図ー1 生態系模式図

2. 1 林縁保護

新規林縁部では、地下水の低下や日光の直射、通風等の変化した環境の影響を受け、森林後退、植物種および動物層等が変化する場合があり、その影響範囲は、暖温帯で 20～30m、冷温帯で 30～50mと考えられている。林縁植栽は、それらの影響を緩和するため、周辺構成種のうち成長の早い亜高木・低木種を植栽し、事前にソデ・マント群落を形成させ、その自然環境保全効果が認められている。

2. 2 ビオトープ (生物生息空間) 創出

道路緑地は、草地 (草地性動物) から樹林 (樹林性動物) に変化し、周辺と調和する多様な動物相が含まれた樹林を形成するようになる。このような帯状の創造復元された自然が、既存の塊状の自然を線的に結びつけ、ビオトープ・ネットワーク (生態系のネットワーク) としての機能を果たすことになる。実際に、日光宇都宮道路では、このような樹林の形成に加え、盛土のり面の衣土として表土が利用されており、施工後の追跡調査によると、表土中に含まれていた周辺植物の種子が発芽、生育し、植栽木と併せて樹林を形成するに至っている。その結果、多様な生物の生息利用空間として機能していることが確認されている。

また、中央自動車道三鷹バリア付近の環境施設帯では、植物で 145 種、鳥類では樹木性のコゲラ、シジュウカラや樹林内の藪に生息するウグイス等 11 種、昆虫類では 75 種を確認し、周辺地域より生息種が多く、良好な樹林環境の形成が報告され、部分的ではあるが、効果の定量的評価が行われている事例もある。

すなわち、周辺植生に対応した適切な緑化を進めることにより、道路周辺における動物や植物の生息・成育するための環境の保全を図るだけでなく、道路のり面等の道路敷地内においても、昆虫を初めとする多様な生物が生息できるような環境の整備を図る。これにより、道路の緑地と道路周辺が一体となった新たな自然環境の復元が可能となり、道路建設による自然環境への影響を最小限に止めることができる。

3. 生態系の評価・復元手法の検討

3. 1 生態系評価手法

生態系とは図ー1に示すように、植物 (生産者) ・動物 (消費者) ・微生物 (分解者) から構成されている。植物は動物の餌となり、動植物は土壌を経由して微生物によって無機物に分解され、土壌を介して植物の栄養素となる。しかし、全てのエネルギー源は光合成活動を通じて太陽光から得られるため、その点で生産者である植物が生態系の基本となり、植物の変遷に伴い動物 (草原性→樹林性) 等も変化すると予想されるため、植生遷移に伴う動物変化を把握できれば植生遷移のみの把握で生態系評価が可能となる。

(A) 従来手法

(1) 植生自然度

自然度評価手法としては、植生群落の種類によって人間による自然改変の程度を把握するため用られる植生自然度がある（表－1 参照）。植生自然度を見ると、大方、市街地・水田・果樹園等の改変地（植生自然度：1～3）、草本・二次林（植生自然度：4～8）、自然植生（植生自然度9～）となっており、ほぼ植生遷移の順番にあることが分かる。

表－1 植生自然度

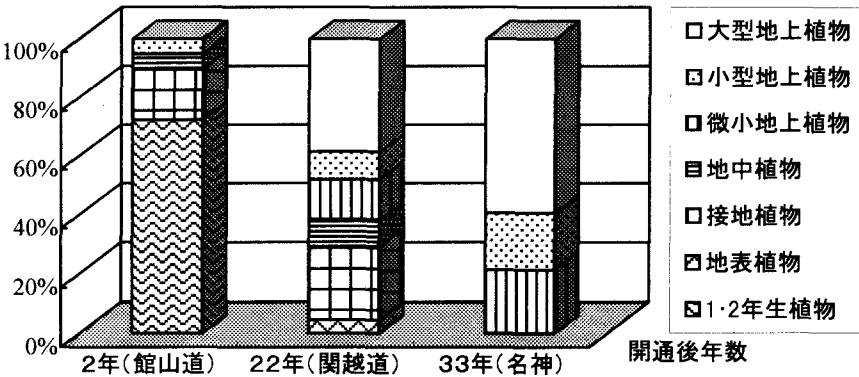
植生自然度	植 生 等 の 内 容
1	植生のほとんど残っていない地区
2	水田等の耕作地、緑被率60%以上の宅地
3	果樹園、苗圃等の樹園地
4	シバ群落等の背丈の低い草原
5	ササ・ススキ等の背丈の高い草原
6	常緑・落葉針葉樹、常緑広葉樹等の植林
7	クスギ・コナラ群落等の二次林(代償植)
8	ブナ再生林、シイ・カシ萌芽林等の自然植生に近い二次林
9～10	ブナ群集等多層の植物社会を形成する自然植生、高山ハイデ等単層の植物社会を形成する自然植生

(注)日本の自然環境(環境庁自然保護局、1982)

(2) 植生遷移度

遷移の進行に伴って植物群落の構成種がおよび生活型の組成が変化し、植物群落の現存量や多様性が増加することとなる。そこで、各々の群落構成種の生活型を種数百分率や各被度の重み付けをした百分率で表したものが生活型組成である（図－2 参照）。

これを用いて遷移の状態を数量的に表したのが沼田(1961)による遷移度（DS：Degree of Succession）である。これは、遷移の進行により生存年限の長い種が多くなるという事実に基づいている。DSは、L(種の生存年限)、d(優占度)、n(全種数)およびv(植被率)とした時に、次式により算出される。優占度とは種の群落内での優占状態を示す指標であり、6ランク区分で各々に数値を当てはめるが、優占度の算定には、被度、密度や頻度等を組合せて計算する等の数種類の方法がある。



図－2 生活型組成

表－2 調査概要

項 目	調 査 手 法
調査箇所 (経過年数等)	名神高速道路(4箇所、33年)、関越自動車道(2箇所、22年)、中央自動車道(2箇所、20年)、東関東自動車道(4箇所、10・12年)、館山自動車道(箇所、2年)
植生調査	コドラート設置による植物社会学による分類
土壌調査	土壌貫入計(土壌硬度)、大型検土杖(土色、土性、水湿、構造、三相分布、全炭素、pH(H2O))
土壌動物調査	ツルグレン法(大型土壌動物)、クロロホルム薫蒸抽出法(バイオマス炭素)

(注)調査箇所は本線内切土と本線外自然地とのペアで2の倍数

$$DS=\{\sum(L \times d)\} \div n \times v \quad \cdots \cdots (1)$$

この「 $\{\sum(L \times d)\} \div n$ 」は、ある群落にお

ける種数による単純平均生存年数を示す。これに植被率を乗したものを遷移度としているが、種々の優占度の値（総合優占度、積算優占度等）が用いられ、その結果DSの値による相互比較が困難となり、一つの調査内での相対的な比較にしか用いられないような状況が生じている。また、本来ならばDSの値は100以内にならなければならないが、草本段階における比較を容易にする等のため、百分率の数字をそのまま使用する等自由に使用され、数字の上限が不明確となる傾向がある。

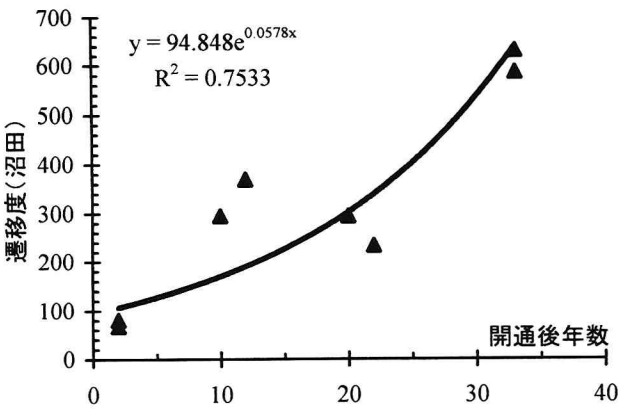
(B) 検討内容（表－2 参照）

自然度評価にあたっては、植生遷移が進むほど自然度が高くなる傾向があることに着目し、本来あるべき

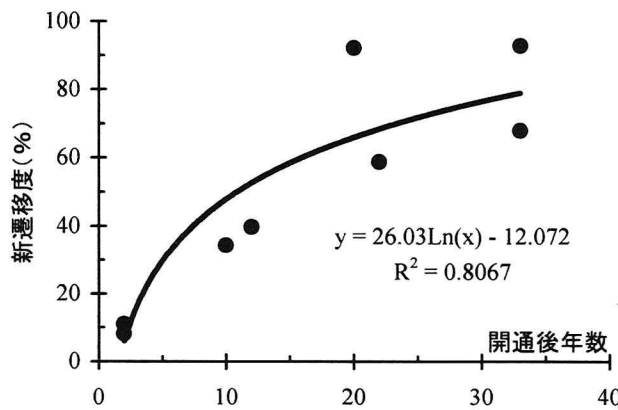
究極の状況（潜在自然植生等）又は周辺の自然植生状況を基本として現況を評価し、目的への到達度（率）で自然度を評価することが可能になるものと推定された。そこで、ある群落における種の平均生存年数を示すに当たって、優占度で重み付けを行った平均生存年数を表す次式を考案した。

$$DS = \sum (L \times d) \div \sum d \times v \dots\dots\dots(2)$$

上記式におけるDSの最大値は100であり、究極の状況の設定が容易であるとともに、DSの値そのものが自然度評価に使用できることになる。また、周辺の自然植生の状況にどの程度復元しているかを調べるに当たっては、(1)式および(2)式とも同じであり、周辺の自然植生のDSを計算し、それを到達目標として到達率を百分率で示せばよいことになる。そこで、今回得られたデータを用いて試算したのが図-3である。(1)式より(2)式を用いた方が、相関係数も高く、DSの値も100以内であり、扱い易いものとなった。また、土壌動物等との関連を見ると、微生物活性(0.632)、全炭素(0.664)、肉食性昆虫(0.763)および土壌動物(0.564)との相関が比較的に見られた。生態系は、生産者・消費者・分解者からなり、生態系の比較的上位に位置する肉食性昆虫（消費者）、移動することがほとんど無い植物（生産者）・土壌動物（分解者）の関連でみると、今回調査の範囲内ではあるが、植生遷移と生態系との間には正の相関が認められ、植生遷移状況の把握により、生態系の変化状況を把握することが可能であると推定された。



(a) 従来法による遷移度



(b) 提案式による新遷移度

図-3 開通後年数と遷移度

3. 2 自然復元手法

(A) ユニット苗（写真-1、図-4参照）

館山自動車道（市原SA）下り線側で1割2分勾配の西向きのり面1段目のコンクリート枠工中の土砂にユニット苗を張り付けた（写真-2参照）。ユニット苗とは、座布団状の袋に用土を詰め、その中に苗木を育成したものである。平成7年の秋(9月)と平成8年の春(3月)にユニット苗をそのままのり面に張り付け釘で固定した。秋施工のものを6ヶ月後に調査を行ったところ、枯損は認められなかった。ユニット苗はポット苗に比べ施工性が高いことも判明した。

マルチングによる維持管理軽減・施工時期拡大、ユニット化による施工時期拡大・のり面安定・施工

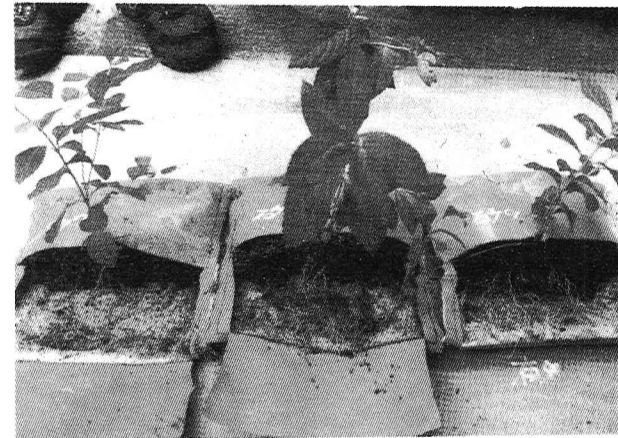
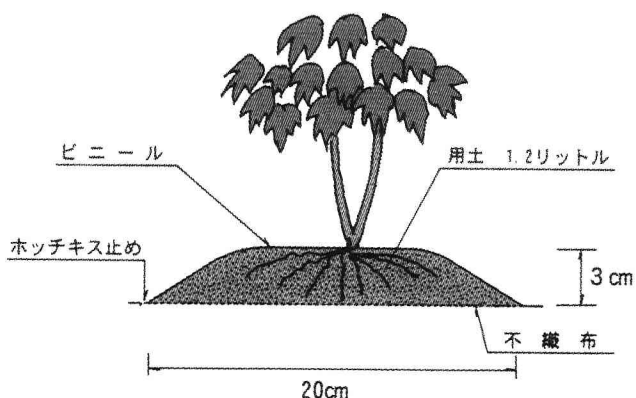


写真-1 ユニット苗分解状況

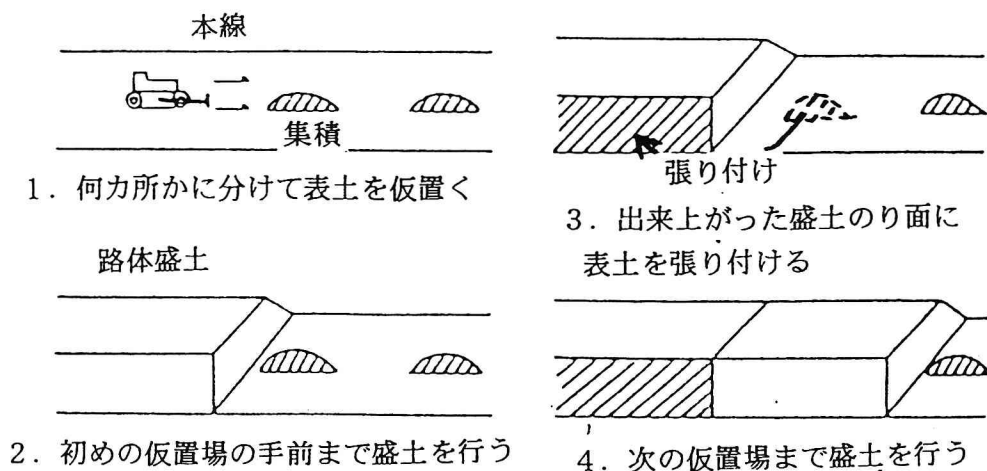


図ー4 ユニット苗模式図



写真ー2 ユニット苗施工状況

(伐開・除根) → 剥ぎ取り → 集積・仮置 → 積込・運搬 → 張り付け → 転圧 → 完了



図ー5 表土による土羽土施工例

性向上等による改良が実施されている。しかし、さらに、のり面の環境条件への適合性の向上を図っていく必要がある。ユニット苗は、自生樹木から種子を採取し、2世苗木をユニット苗で1年程度馴化させ、採種した土地に植生復元のために使用することを目的として使用している。また、マルチング効果（維持管理低減・活着率向上・水分保持・雑草防除）があり、施工性（基盤に置き釘打ちで固定）や移植性（生育基盤ごと移動）に優れている。

(B) 表土

昭和 56 年に開通した日光宇都宮道路は、日光国立公園の特別地域を通過するため、自然環境保全に留意した工法が採用され、表土保全工事が実施された（図ー5参照）。表土張り付け後、数ヶ月から1年程度で、植生のり面工を一切行わないにも拘わらず、のり面には数百種類の植物が認められ、多様な植物群が復元されていた。

これは、従来の林地から環境条件が大きく変わり、裸地となったため、土に日光が当ること、地温上昇、他の植物がないこと等の発芽条件が整ったためではないのかと考えられ、周辺からの侵入や埋土種子による効果と言える。また、木本性樹種についてもカンバ・ヤナギ類等の生育が認められ、植生遷移の蓄積結果および自然の種子保管庫である表土により、早期の植生復元が可能である。切土での場合は、張り付け、中詰め、客土吹付け、厚層吹付け等の基材として利用可能であると考えられる。苗木との併用が最も成績がよくなるものと思われ、近年の土壌改良の成果を取り入れていく必要がある。

4. おわりに

生態系、自然環境および地球環境保全等の生命活動の基本であるエネルギー源となっているのは、太陽エネルギーであり、それを固定しているのが緑化である。そこで、生態系の根本である緑化を中心とした生態系の評価および生態系の復元手法についての、日本道路公団における開発成果および状況を示し、極端な言い方をすれば、遺伝子レベルまでの自然復元手法を開発したものと言えよう。

そこで、今後は次のような検討を行っていく予定である。

①一つ一つは小さいかもしれないが、多くの機能を兼ね備えている緑化の機能の数量的把握

②自然度評価では、量的把握を中心に検討したが、今後は質的要素の加味

③ユニット苗の追跡調査を行うと同時に、切土のり面の環境条件に対応した樹林化手法の整理

ユニット苗については、掘削を行わない効率的な手法として盛土での利用の可能性についても検討していきたいと考えている。

<参考文献>

1. 半田真理子、石坂健彦、松本茂；生態学的観点から見た沿道緑地に関する一考察；道路と自然、Vol.22、No.4、pp.34-38、（社）道路緑化保全協会；1995
2. （財）道路環境研究所；平成5年度 沿道生態環境復元手法調査報告書；1994
3. 小澤徹三、亀山章、木村尚史、内山拓也、首藤繁雄；自然度評価の基礎的検討；土木学会第53回年次学術講演会講演概要集第7部、pp.356-357、（社）土木学会、1998
4. 小澤徹三、森崎耕一、清宮浩；ISO14000 シリーズと緑化；高速道路と自動車、Vol.40、No.9、pp.21-28、（財）高速道路調査会；1997
5. 森康男、小澤徹三；道路における自然環境保全対策の効果と評価ー日光宇都宮道路のケーススタディー；高速道路と自動車、Vol.31、No.6、pp.28-36、（財）高速道路調査会；1988
6. 小澤徹三；表土利用に関する調査；道路と自然、Vol.9、No.2、pp.28-36、（社）道路緑化保全協会；1981
7. 小澤徹三；エコロード整備のための生態系評価および回復手法の検討；地質と調査、Vol.79、No.1、pp.7-11、（株）土木春秋社；1999
8. 小澤徹三；エネルギー面から見た環境性評価の基礎的検討ー二酸化炭素循環利用システムー；道路と自然、Vol.26、No.2、pp.16-20、（社）道路緑化保全協会；1999
9. 小澤徹三；道路環境林の造成と管理；日本緑化工学会環境林研究部会第5回研究会概要集、日本緑化工学会；1998
10. 小澤徹三、倉井達夫、藤田豊；自生種二世苗ユニット工法；日本造園学会全国大会、（社）日本造園学会、1998
11. 小澤徹三；道路公団における法面樹林化技術の動向；日本緑化工学会斜面緑化研究部会第8回研究会概要集、日本緑化工学会；1998