

# 持続循環型社会構築のための環境工学

Environmental Engineering for Constructing the Sustainable and Circulated Society

糸長 浩司

Koji ITONAGA

**要旨：**地球環境との共生関係を維持した「持続循環型社会」の具体像の提示と、その構築のための科学、技術の統合化が求められている。その総合化を建築、都市、農村地域という人間居住環境の場でどう展開していくべきかを、バイオリージョン、ビオトープネットワーク、エコシティ、エコビレッジ等の世界的事例を交えて論究し、更に、日本の独自性を生かした「里山エコビレッジ」の展開方向を論じる。その際のキーワードはエコロジカルデザインであり、自然生態系に学ぶ環境デザインである。そして、その総合的で持続的な環境創造の主人公である地域住民の持続的な暮らしづくりを学ぶ環境学習の場、エコセンターづくりの必要性を述べ、その具体的事例として、筆者の大学、農村地域での実験的活動について紹介する。

**ABSTRACT:** Presentation of the image of the "sustainable and circulated society" which maintained the symbiotic relation with earth environment and the integration of sciences and technology are called for. Global examples, such as a bioregion, a biotope network, an eco-city, and an eco-village, are mentioned as the case studies to develop the integration at the place of the human habitation of architecture, a city, and a rural area, in addition the direction of "Satoyama eco-village" in Japan. The keyword in these cases is an ecological design thinking with natural ecosystem. We need create the place of the environmental study center for the local resident, who are heroes to create the sustainable society. It introduces about experimental activities in a writer's university and a rural village area as the concrete example.

**KEYWORDS:** Sustainable Society, Ecological Design, Eco-City, Bioregion, Eco-Village, Eco-Center

## 1. はじめに

21世紀の地球環境と共生した人間居住地環境づくりのためのキーワードは、持続、循環、エコロジーである。持続循環型社会の具体像の解明と、更にその社会を築いていくために、科学、技術はどうあるべきなのかが問われている。そのためには、専門分化し発展してきた近代科学・技術の軌道修正、総合化・融合化が問われている。筆者は建築学分野では建築計画、都市・農村計画から研究をスタートしたが、現在では、自然と人の共生した総合的な環境構築のための計画、デザイン、技術のあり方について研究及び実践活動をしている。建築、都市、地域の環境再生・創造にかかわる総合的な環境デザイン学の構築を目指している。建築学分野では建築内部の環境解析学として環境工学は始まったが、今日的には、自然と人の持続的な共生関係を構築するため

の総合環境工学の視点が求められている。

## 2. 21世紀の地球人の課題

21世紀の我々地球人の課題は、環境、食料、水、エネルギー、コミュニティである。これら、人間が生きて行く上で必要不可欠のものをどう持続させることができるのか。その持続のためには、20世紀型の、作り→使用し→廃棄するという線形の流れではない、「つながる」という循環系のシステム開発が必要となる。そのシステムは自然から学ぶことができる。食物連鎖から構成されるエコシステム（生態系）から学ぶデザインである。

そして、この地球的課題を個々の地域に暮らす人達が、その地域で共同の力で解決していくことである。個人的、地域的、共同的な解決をローカルレベルで着実に進めることである。地球環境サミットで

---

日本大学生物資源科学部生物環境工学科：Nihon University, College of Bioresource Sciences,

Department of Bioenvironmental and Agricultural Engineering,

教授：Professor、工学博士：Doctor of Engineering、日本建築学会：Architectural Institute of Japan

世界的に合意した、「環境、経済、社会」の三位一体的な持続性を地域（ローカル）で実現していくプランと行動がより重要となっている。

### 3. バイオリージョン（生命地域）

我々が生産し、生活している環境は多重な環境で構成されている。我々が住み、働き、憩う環境は、地形、土壌、水系、植物、動物で構成される環境である。その環境の上に、時間をかけて歴史的に人間社会が作られ、歴史、文化の人文的歴史文化が形成されてきた。このような総合的で重層的な地域をバイオリージョンという。川を中心とした流域の環境が代表的なバイオリージョンの環境である。

米国での環境運動の一つに、バイオリージョナリズムがある。生命地域主義と訳せる。行政的な枠を越えて、生物・生命が共存・共生しているつながりの環境を保全・育成するために、流域地域の住民、上流と下流の住民が一緒に環境保全・育成活動を考えていく運動である。

この種の活動は、日本では、「森は海の恋人」として近年、海の民と山の民の流域を介した連携運動として進められてきている。豊かな海の環境を育てるためには、健全な森の育成が必要である。下流部の漁民・住民が上流部の森林育成・保全に努力する流域的運動である。豊かな森を育てるためには、健全な海の環境とそのつながりとしての健全な河川環境が必要となっている。また、鮭の遡上に象徴されるように、海の栄養分が陸地、山に運ばれ、山の生態系の再生に寄与していることも明らかになってきている。山と海は、河川を介して密接な生態系的な交流がある。

このような生命地域環境のつながりの中で、農山村、都市、建築のハードな環境が構築されてきており、再度、その生命地域的関係性の中に、建築、都市、農山村空間を位置づけ、再構築していくのが問われる。

### 4. ビオトープネットワークと建築、都市

地域環境は地域生態系のつながりの上に成立している。地域生態系はランドスケープ・エコロジーともいわれ、ある一定の地域における地形・地質・水系の基盤の上に形成された地域固有の生態系である。

近代化、工業化、都市化の中で、生存が脅かされた生物の保全は地域的課題、地球的課題であり、建築や都市計画においても十分配慮の必要な課題である。このような生物の保全を目的の上に地域生態系を捉えるのが、ビオトープである。狭義には小動物の生息空間を指すが、それらが個々に存在するのではなく、地域全体にビオトープネットワークとして存在することが個々の生物の持続的な生存を保障することとなる。

建築物や道路のような人工物で非生物的な空間が地域の生態系に与える影響は大きい。人工物の乱立で、生き物にとって安全な移動や生息空間が破壊され、脅かされてきた。建築物の立地する地域を地域生態系としてとらえ、これらの自然との共存の上に建築の立地や建築環境がデザインされる必要がある。ビオトープネットワークの中に建築を織り込むようなデザインが求められる。建築物が占有する空間が生物たちのビオトープを脅かさないような配慮や、あるいはもしそれを奪うことになるのであれば、その代償としてのビオトープの提供（ミティゲーションという）をするデザインが必要である。

建物の壁面緑化や屋上緑化、敷地の庭は、建築の建つ地域のビオトープネットワークを構成する重要な要素としてデザインされることが求められる。これらの緑地空間は多様な生物のすみかとなる。緑を取り入れた建築的環境を新たにつくることで、地域のビオトープネットワークがより豊かになるようにすべきである。

### 5. 都市のエコアップと快適な微気候の創造

地球温暖化問題の大きな原因に都市化がある。世界人口の半分以上が都市に住み、日本の人口の8割以上が都市に居住する世紀になっている。都市の圧倒的面積を専有する建築のあり方が問われている。都市の中に自然を回復させながら建築することが求められている。都市のエコアップに建築はどのようにして寄与していくのか。また、都市のエコアップと共存する建築・都市のデザインが求められる。

建築物の中や周囲に取り込む自然の要素として主要なものは植物である。植物が中心となる生態系は多様な生き物にとっての環境を提供する。この植物と共生した建築、都市のデザインが求められる。多

様な生物のすみかとなれる建築, 都市, すなわち「巣箱建築」, 「巣箱都市」ともいえる環境を構築することである。多孔質な環境をつくることで, 多様な生物の生息可能な環境を提供することになる。

自然界では植物は多層な構造で構成されている。地面に接している苔類—地はい植物—野菜・ハーブの草類—灌木—低木—中木—高木と樹木に蔓む蔓性植物等である。また, 落葉広葉樹, 常緑広葉樹, 針葉樹等と分類できる。食料となる野菜, 果樹, 燃料や建築材となる樹木等の分類も可能である。何の目的で植物を建築物の中や都市に取り込むのか, どういう共生関係をつくっていくのかの目的によって植物は選択的に配置されることとなる。植物が身近なところあることで, うるおいのある環境をつくってくれる。



写真1 デンマーク・オーフス市内のビオトープのある集合住宅の中庭

また, 植物は生きており, 地中からは養分や水分を吸い, 蒸発散を繰り返す, 昼は光合成で酸素を吐きだしている。植物があることで周囲に新鮮な冷気を供給し, 快適な微気候をつくりだす。建物の南面に植栽された落葉広葉樹は夏には緑におおわれた樹冠が快適な日陰をつくり, 冷風を建物内に導入し, 冬には落葉して, 快適な日照を室内に提供する。また, 北側に植栽された樹木の蒸散作用は, その樹木の周囲に冷気を作り, そこから涼しい空気を室内に供給する。屋上緑化や壁面緑化は, 建物周辺および

建物内の温熱環境を緩和してくれる。都市の植物によるエコアップは, 地球温暖化現象に対する都市での処方箋となる微気候をつくりだしていることになる。

## 6. 「建築生態系」の創造

地球は長い歴史の過程の中で生物を取り込み, [生産者—消費者—分解者] からなる生態系をつくりだし, 現在の安定的な地球生命圏を創造してきた。今日的な地球環境の危機はこの地球生命圏に対する危機でもある。いまこそ, 建築には地球のつくった循環系の自然を取り込む思想が求められ, 「建築生態系」といえるものをつくらねばならない。

「建築生態系」の中を流れる水の循環系の事例を述べる。生活污水を住宅内で浄化処理し, その処理水をもう一度利用するシステムである。デンマークのコーリングの集合住宅では, 汚水の中庭に設置したガラスのピラミット内での沼地で浄化するシステムも実験的には成功している。また, カナダの生物学者のジョン・トッドが開発した「リビングマシーン」という植物浄化システムは, 温室内に設置した水槽に汚水を導き, 葦等の抽水植物や浮き草での植物浄化処理し, その処理水で魚を飼うという複合型のシステムも実用段階となっている。汚水浄化に植物を含めた生態系のシステムを取り入れている「建築生態系」的手法である。

日本でも同様の事例はある。農水省の研究機関の研究者, 尾崎保夫博士たちの「バイオジオフィルタ



写真2 集合住宅中庭に設置された植物汚水浄化プラント (バイオワークス)





写真3 植物浄化システム「リビングマシーン」の内部(英国のフィンダフォーンエコビレッジ)の実験的システムがある。家庭用の合併浄化槽で一次処理された処理水にはまだ大量の窒素やリンを含んでいる。そのまま河川に流すと富栄養化の原因となる。そこで、浄化槽からの処理水を宅地内に設置した一種の水耕栽培的な水路に流して、野菜、花、パピルス等の植物を育てる。それらの植物は、分解されて流出した窒素やリンの栄養分を吸収して成長する。植物に吸収された後に出てくる処理水は、金魚も飼えるようなきれいな水となる。成長した植物は食べることができ、食料生産を組み入れたことで住宅の中での循環系ができあがっているともいえるシステムである。

### 7.エディブル・ランドスケープ

エディブル・ランドスケープ(食べられる景観・環境)という考え方がある。生きる糧を自らの場で生産し食べること、その緑の環境がより豊かな生態系としての価値ももつ。身近な暮らしの中に農的な要素を入れ、身近な生態系との共生関係を自給的で循環的な関係として創造することである。江戸時代の米沢藩や仙台藩では、非常時に備えて、武家屋敷に食べられる緑を植えることを藩の政策として推奨していたといわれており、日本にもその伝統はあったといえる。

都市の中のあらゆる空間を「食べられるエコシステム化」する試みであり、住宅のガーデン・ベランダ・屋上・壁面・歩道・空き地・公園・街角広場での農産物の生産、市民農園、コミュニティガーデン(都市の中の空き地を活用してコミュニティでオーガニックな農産物を生産する共同の庭)、シティフ

アーム(都市の中の空き地を活用して、ボランティア組織が家畜や野菜畑を共同で経営し、憩いと循環系の場として維持管理する。イギリス、アメリカ、オーストラリア等で盛んである)、自給的な共同の暮らしの場づくりを進めることになる。



写真4 米国ビレッジホームズの遊歩道

住宅地内には、食べられる果樹や菜園に接した遊歩道がネットワークされている。

生態系のシステムにおける分解者としての土、あるいは農地の機能、農の機能を、現代のシステムの中で再評価する必要がある。都市生活から出る生ゴミは都市外に捨てられてきた。こうした生活を改め、循環型の都市生活を創造していく上で、農土のもつ意義は大きい。生態系における生産者、消費者、分解者の三位一体の関係が確立されてはじめて持続的な生活空間が可能となる。このような食べられる環境を住宅地の中に計画的に取り込み成功した事例としては、アメリカ、カルフォルニア州、デービス市の住宅地「ビレッジホームズ」が有名である。

### 8.エコシティ・リージョンの創造

地球環境への負荷を減少させる都市をつくること、現在の都市構造をより自立的で持続的な構造に変換することが求められている。自立・循環的で持続的な都市を表現する言葉として、「エコシティ」がある。『エコシティ』を著したリチャード・レジスターは「エコシティとは生態学的に健全な都市である」と定義している。つまり、自立的で持続的な自然界のもつエコシステムを模した都市をイメージしたものである。

人間は、もともとエコシステムが成立していた自

自然界を開拓、開発して、都市を創造してきた。そこにあったエコシステムのつながりを破壊して都市は形成されてきた。産業革命以降、その都市化現象が巨大になり、今日の地球環境問題を引き起こしている。そうした環境問題に対して、「エコシティ」は、都市でのエコシステムの再生や復活、河川などの自然の再生やエコシステムを取り込んだ都市の創造をめざしている。エコシティは、多様な生物の生息環境の保全や再生、健全な土、水、空気のある環境等、生態系の保持、成長が促される都市である。

そして、このエコシティは単独で孤立的に存在するのではなく、周囲の農村・自然地域とのつながりの中に、バイオリージョン（生命地域）の中に位置づけられ、シティ・リージョン的つながり中に有機的に組み込まれることが望ましい。都市はこのバイオリージョン的なシティ・リージョンに支えられ、かつ、ピオトープネットワークの網に組み込まれる。一方、都市内の居住地は「エコビレッジ（生態村）」から構成され、多様で複雑なミニエコシステムを組み込んだ「建築生態系」がそれを構成する細胞となる。

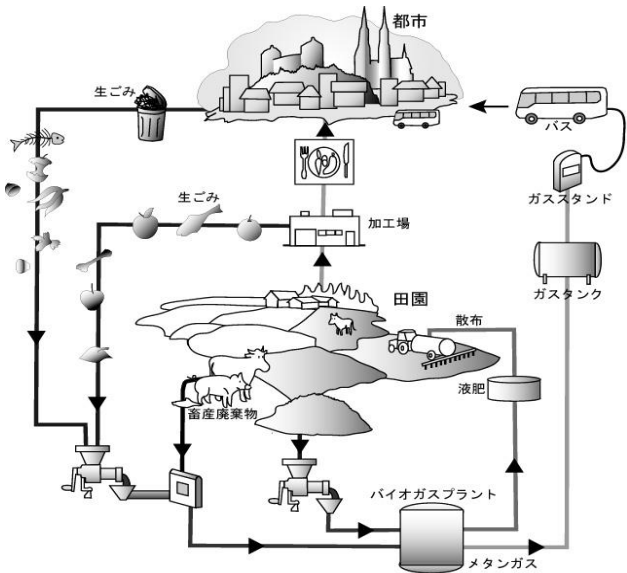


図1 都市と農村の有機物とエネルギーの循環システムデザイン（スウェーデンのベクショー市ローカルアジェンダ室作成図面を一部修正）

エコシティ・リージョンでのエネルギーシステムは、太陽光、風力、バイオガス等の自然エネルギー利用の比重が高い。都市下水道で処理された汚泥をタンクに貯め、嫌気性の菌の働きでメタンガスを発

生させ、そのガスを燃焼させ、電気、熱を都市に供給する。発酵タンクに残された汚泥は脱水することにより、造成用の土やコンポストとして使用することも可能である。建物や都市から出る廃棄物を捨てるのではなく、生物の力によりエネルギーや有用な資源に転換するゼロエMISSIONのシステムの普及が必要となっている。

### 9. エコビレッジ

エコシティ・リージョンの中の細胞となるエコビレッジとはどういうものであろうか。エコビレッジは、小規模ながらも自然環境と共生し、地球環境への負荷を少なくし、自立性、循環性のあるコミュニティの場として定義される。自然生態系、社会生態系、精神生態系という3つのエコロジーに支えられた居住の原単位としてのコミュニティである。

住居、仕事、余暇、社会的な生活、自然との触れ合い等の人間の基本的な要求は、できるだけヒューマンスケール内のエコビレッジで充足される。エコビレッジの内外には豊かな自然環境が存在し、食料となるような生物資源の生産を行うと同時に、有機廃棄物は適切にエコサイクルの中で処理され、リサイクルされる。



写真5 デンマークの田園型エコビレッジ

いうまでもなく、建築は環境負荷の少ない建材を使用し、そこに供給されるエネルギーは、風車やバイオガスシステム、バイオマス活用等による再生可能エネルギー資源である。エコビレッジ内での環境管理や社会生活は、構成員による民主的な手続きで進められる。この理想のエコビレッジはまだ実現していない。しかし、世界各地の都市や農村で、この



理想を掲げた取り組みがはじまっていることも確かである。

日本の農山漁村には13万以上の集落がある。これらの集落の伝統的で環境共生的な暮らしを再評価、保全、再生し、都市住民と協力して新しい開かれたエコビレッジを創造する可能性は高い。あるいは、先駆的な人達の共同によりエコビレッジを創造することも必要である。また、都市においても、伝統的な下町文化の再評価、保全、再生とあわせて、新しいエコロジカルなデザインと技術を組み合わせたエコビレッジを創造することは可能である。

## 10. 環境修復・創造の学びの場づくりによる地域再生

自立的で持続的循環型地域再生は生活者市民とコミュニティの行動にかかっている。環境・経済・社会の三位一体化した計画と行動をコミュニティベースで進めるために、環境学習の場や、持続循環型の暮らしを目指した市民の意識的なチャレンジの機会と場の提供が求められる。その具体的な事例として英国のCAT (Centre for Alternative Technology) とその関連の地域活動を紹介します。

### (1) CATと流域地域の再生

英国ウェールズのスレート発掘跡地の山を借用して30年前から始めた、若者達のオルタナティブなライフスタイルの追求、エコビレッジ建設運動の場所は、現在、世界的に有名な環境学習センターとなっている。風力発電等の代替エネルギー活用、エコ建築、パーマカルチャー農法、コンポストづくり等の実験的実践的環境教育センターであり、多様な実践的ワークショップを開催している。CATは、近代産業化で破壊された自然の場を環境教育の場として創造的に再生し、自然と人間の関係を再考し、学習する場としての機能を果たしている。

CATの活動は現在、流域地域でのエコロジカルな地域環境づくりのためのパートナーシップ型の活動に発展している。CATの活動やCATと関係の深い姉妹企業の活動に刺激されて、CATの位置するディフ流域では、企業、行政、流域住民の参加での多様な主体の連携によるエコロジカルな流域活動が始まり、「エコディフィ」という連携組織が設置されている。このバイオリージョン的な活動の背景に

は、地域の経済・社会・環境のサステナビリティの追求、風力や木質チップ等の再生可能エネルギーの地産地消開発と活用に関するEUのエネルギー総合政策や、ウェールズ政府によるコミュニティ再生といったテーマがあり、現在、エコディフィは、そのモデル的な地域活動として注目されている。

CATのあるマッハニス町を含むディフィ川流域は、流域面積740km<sup>2</sup>、7つの地方自治体で1.2万人が住み、ウェールズ文化を復興している地域である。地域経済の再生、環境破格（景観と生物生息環境）対策、エコツーリズム、持続可能な技術と経済振興（CATが関連している技術開発等）がテーマとなっている。エコディフィの構成メンバーは、地域住民、民間会社、ボランティア団体、地域自治体、国立公園、ウェールズ開発局等で50人以上の個人と7つの地方自治体を含む14の団体からなり、ウェールズ開発局は、エコディフィが単なる環境経済発展の役割ではなく、流域コミュニティ再生の包括的なグループになることを期待している。

エコディフィの活動理念は持続可能なコミュニティの再構築にある。地域経済を強化し、地域社会の文化的価値を高め、サステナブルツーリズムやサステナブル農業による経済のレ・ローカリゼーションを進め、ディフィ流域の持続可能なコミュニティ再生のリーダーとなることが活動目標としてあがっている。主要な活動資金は、ウェールズ開発局のコミュニティ再生事業パック基金であり、ウェールズ政府の地域再生事業の一環に位置づけられている。



写真6 CATの入り口の外観

## 1.1. 持続循環型社会構築に向けた私の実践的活動

### 1) 日大湘南キャンパスのエコセンターづくり

私の所属する日大生物環境科学研究センター（COEの拠点施設ともなる）の新建築建設の設計・施工（学生と研究室実験室の壁600m<sup>2</sup>に珪藻土を塗った）に係わる機会があり、エコ建築、ランドスケープデザインの視点を多く取り入れた実験的モデル研究棟とガーデンを建設している。その建築とガーデンを活用し、「ポストデザイン」的手法で、建築環境評価及び、環境づくりを継続して学生達と進めている。アメニティ・環境成長に関するセルフビルトとその客観的評価の研究を進めている。

また、環境建築・ランドスケープデザインを単に机上で学び、図面や模型で表現するだけではなく、敷地内では、ストローベイル+ラムドアースでのモデル建設を卒論・修論を兼ねて学生達自らが建設に関与し、その施工研究、材料研究、環境評価研究等を総合的に実施している。環境建築の視点から、建築施工、建築材料、環境工学等を総合的に考え、実際に建築をセルフビルトすることを進めている。「プレデザインーデザインー施工ーポストデザイン」の一連の過程を実施している。デザイン・施工過程では、外部の建築家（遠野未来）との協力し、地域の子どもやエコ建築に興味のある人達やNPOとワークショップで進め、建築を共同で作ることの楽しさや難しさも体感している。

環境建築だけでなく、ブドウ等でのエディブル壁面緑化、屋上緑化、食べられる混裁型エディブル・ランドスケープや水路、ビオトープ池造成、植栽、野菜づくり等のパーマカルチャーガーデンづくりも継続的に実施し、その環境変化を評価している。建築、ランドスケープ、ビオトープネットワーク、パーマカルチャー等が統合される環境づくりを進め、単に建築設計・施工で建築が終了するのではなく、育ち続ける、持続性のある総合的な環境デザインについての教育を実践している。

更に、ユニークなものとしては、建築に関連する水系システムデザインとして、先に紹介した植物による汚水浄化プラント開発、養殖+水耕栽培のアクアポニックスシステム開発等の汚水浄化・活用システム研究を施設の温室内でも実施している。



写真7 日大湘南キャンパス内のCNE S



写真8 日大CNE S敷地内のストローベイル建築の自立建設ワークショップ



写真9 日大CNE Sのハイポニックス実験プラント



## 2) 「里山エコビレッジ」づくり

筆者は、建築学分野で農村計画研究、計画策定を各地の農村地域で進めてきており、近年は「里山エコビレッジ」を提唱している。先のエコビレッジの世界的な動向で述べたように、日本には13万以上の農村集落があり、伝統的な地産地消の暮らし文化を現代的に再構築し、日本型、アジア型のエコビレッジづくりの必要性を痛感する。縄文時代から、里山（自然を人間化し創造・維持してきた二次自然）に支えられた基礎的社会環境としての農村集落を持続循環型集落として再構築すること、グリーンツーリズム、エコミュージアム、エコツーリズム、農村回帰運動の中で、農村住民と都市住民の協働による「里山エコビレッジ」を進めたいと考えている。

「里山エコビレッジ」の一つのタイプで、エコロジカルで総合的な生活術を都市住民が学ぶ場の必要性を痛感し、その場所づくりを進めている。パーマカルチャー（豪州から始まったエコライフ運動で永続的農的生活術）理論をベースに、日本的なエコライフ教育活動を農村地域で進めている。その活動母体としてNPO法人パーマカルチャー・センター・ジャパンを結成し、その拠点を神奈川県山間地域の集落に求め、荒廃農地の再生、廃屋の改造等を紹介して、学びと体験の塾を始めている。この集落には、自然暮らしを希望して芸術家達が都市から移住し、農山村での伝統的な暮らし文化復興（炭窯づくり等）等をテーマとした地元集落住民の活動が起きている。近年廃校になった小学校を活用した「自然学校」運営を、集落でNPO法人化を図り進める計画となっている。小学校の改築事業は、神奈川県、藤野町の行政の支援を得て進めてきている。将来的には、この「自然学校」が集落運営の拠点的功能を果たすことが期待されている。

### 1.2. おわりに

21世紀の目標の「持続循環型社会構築」の必要性に関しては異論のないところであろう。問題は、その具体的なイメージ、それに至る手法、主体形成にあろう。この地球的課題を地域でその解決主体を育て、総合的、統合的に解決することにある。そのためには、近代的に分化された科学や技術の総合化、統合化が必要である。持続循環型の暮らし環境を



写真10 学生、環境市民参加によるPCCJ農場内でのストローベイル建築WS

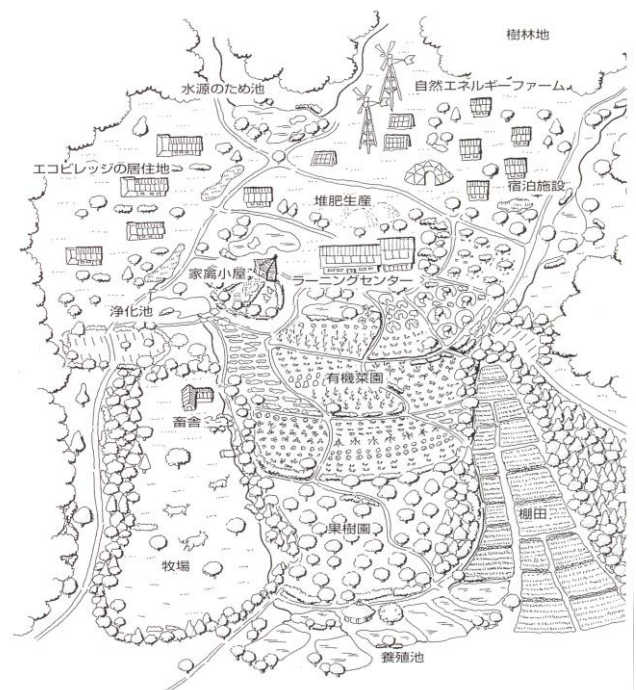


図2 学びのための里山エコビレッジイメージ図  
創造・維持するための総合的な環境デザインの確立とそのモデル構築を目指したいと考えている。

### 参考文献

- 1) 『地域環境デザインと継承』、日本建築学会・糸長浩司編集担当幹事、彰国社
- 2) 『地球環境建築のすすめ』、日本建築学会編、彰国社
- 3) 『2100年未来の街への旅』、共著、学習研究社
- 4) 「2025年「里山エコビレッジ」構想」、糸長浩司、『BIOCITY20号』、2001年
- 5) 『パーマカルチャー』、ビルモリソン他、農山漁村文化普及協会
- 6) 『サステナブル建築最前線』、糸長浩司他、ビオシティ