

森のゼロエミッション計画の手順に関する提案

A study on planning process for advanced zero emission communities

並木 裕*

Yutaka Namiki

伊藤 武美*

Takemi Ito

ABSTRACT: Communities are naturally based on not only the tree-type structure of forests, but also the network-type structure of those. It is a limited approach to design communities by paying only attention to the tree-type structure, which results in a solution of a single purpose. Therefore, it is necessary to minimize the social cost, that is, to maximize the positive externalities of communities through considering a chain of cause and effect. There are three keys to realize the advanced zero emission communities: (1) Designing multipurpose: (2) Designing multiplication effect and complementary effect: (3) Building a circulatory system through the above processes.

KEYWORD: Zero Emission, Planning Process, Area Management, Material Circulatory System

1 はじめに

「森」は本来的にゼロエミッションを体現し自然界からは「ごみ」は出ない。ここでは、「森」に象徴される「ゆったりと流れる時間、ここにしかない空間、多様な価値観を認めあう人間」によるコミュニティづくりの結果として、物質循環系を構築する計画を「森のゼロエミッション」計画と名付けた。

コミュニティは「森」と同様にネットワーク構造を持つ。人間活動の規模が相対的に小さく、資源・環境容量を無限と見做すことができた時代の経済活動では、ネットワーク構造に内包されるツリー構造部分が注目される傾向にあった。大量生産・大規模流通・大量消費・大量廃棄システムによるラージスケールメリットの追及は資本生産性、労働生産性を高め、現代文明を支えてきた。しかし、地球環境問題をはじめとする様々な外部経済性をも併せて顕在化させた。もはや資源・環境容量を無限と見做すことが許されない地球環境時代を迎え、顕在化した外部不経済性は個々の事業等によって内部化されつつはあるが、さらに、地球環境問題の解決に向けての主要な評価尺度である資源生産性（勿体ないことをしない）、環境効率（ちらかさない）を高めるためには、地域の持つポテンシャルを最大限に活かし、固有のネットワーク構造を通して外部経済性を共有することが有効であると考えられる。このためにはスモールスケールメリットの顕在化をも含めた計画手法の一層の充実が、地域経営収支を高める視点から有用な手段の一つとなろう（図-1参照）。

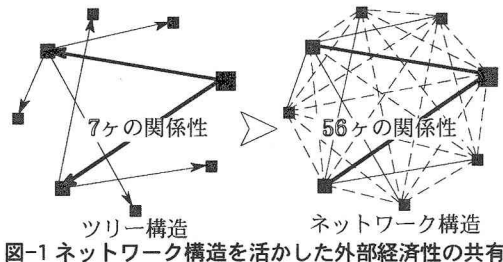


図-1 ネットワーク構造を活かした外部経済性の共有



写真-1 林地内に放置されている間伐材

* 大成建設株式会社 TAISEI CORPORATION

2 身近な循環系と森¹⁾

日本の杉林に代表される二次林を例とすれば、水の安定した供給源等としての国土保全機能を持つ森を保全する立場からの間伐が実施されつつはある。また、森はグリーンツーリズム等の空間としての環境財でもある。木材の利用はCO₂排出量削減対策としての意義も大きい。しかしながら、間伐はなされても、経済財として流通することは一般には難しいのが現状である。その結果、搬出されずに森で朽ち、長年かけて固定したCO₂を大気に排出する状況もみられる（写真-1参照）。

水循環、炭素循環は「森」に依存する部分が極めて大きい。これらの身近な物質循環系を活用、保全するために都市の新たな「里山」として「森」を位置づけるならば、人間活動を含めて、森のゼロエミッションを実現させることはサステナブルなコミュニティを醸成する一つの有効な手段になる。更に、資源生産性と環境効率の向上が求められている地球環境時代の地域経営の視点から、低付加価値型の経済財である水と炭素の物質循環系を流域単位で活用保全することの意義は大きいと考える（図-2参照）。生き物が生息するのに必要な最少限の空間単位をピオトープと呼ぶが、広域の地理的環境であるゲオトープとピオトープを合わせてエコトープと呼ぶとすれば、一般に山地、丘陵地、台地、低地を含む流域をエコトープとして捉えることができる。森は木材資源供給の場であると同時に多様な生き物が生活する場でもある。次世代のライフスタイルが快適、便利、安全安心、健康等の生活インフラと共に、人と人、人と自然との交感の場を求める（図-3参照）のならば、森のゼロエミッション実現にむけての中山間地域のまちづくりの持つ潜在的ポテンシャルは極めて高い。

森林と都市とのインターフェースとして、中山間地域のコミュニティが率先して森との係りを更に深め、バイオマスの利用を更に高めることで「ライフスマイルがライフスタイル」のまちづくりを実践することは、人口密度の高い都市と人手が必要な森の間において「交流人口、定住人口の増大」と「森林資源の有効利用」からなる森の文化循環系と、水・炭素の物質循環系の駆動装置としての役割を中山間地域のまちづくりが担うことになり、地域活性化の大きな柱の一つともなろう（図-4参照）。



図-2 流域単位の水、炭素循環（水樹）

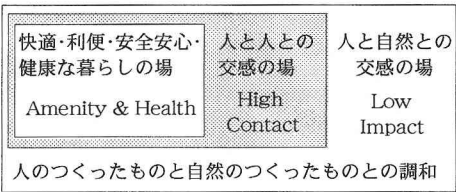


図-3 人と自然との入れ子構造

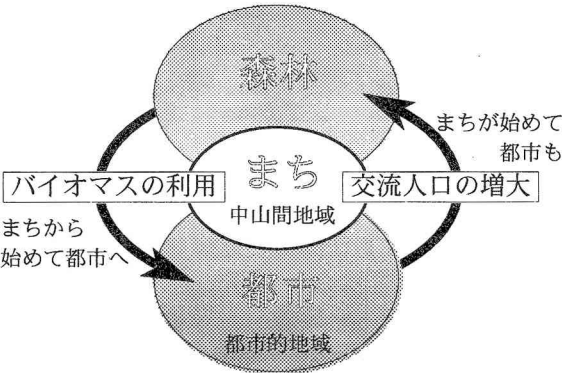


図-4 ライフスマイルがライフスタイルのまちづくり

3 森のゼロエミッション計画

3.1 機能複合による地域経済生態系の構築²⁾

地球環境時代は循環型経済社会（図-5 参照）の具現化を求めている。事業等による社会的費用を含む外部不経済性を内部化するのみならず、外部経済性を地域で共有できること、即ち、自然生態系を育む森の持つ循環系（図-6 参照）に調和することを前提に、地域特性を活かした経済生態系を充実させることが、地域経営収支を高め、結果として省資源・省エネルギーを実現し、地域のサステナビリティを高めることにつながる。この視点から地域のネットワーク構造を明示的に計画、評価するための「因縁果報」型の計画手法が有効であり、地域の構成要素相互の関係性がデザインできる仕組みを内包した計画手法の充実がさらに必要である（図-7 参照）。外部経済性の共有という視点から現在の地域構造を見直すと、ネットワーク構造のなかで活用されていない要素間の関係性が多く、この部分を有効活用することで新たな環境地縁社会のダイナミズムが生まれ、環境文化を醸成する風土が地域に根付く可能性が高い（図-8 参照）。

3.2 スモールスケールメリットの具現化

スモールスケールの人工循環系は、①資源、廃棄物等の運搬費用を抑制、②地形、気象等の地域環境特性を活用、③住民参加の機会が増大、等の長所により、新たな付加価値を生む可能性が大きい。すなわち、「共有」によって地域を構成する一つの要素が複数の機能を担うことでそれぞれの機能あたりの費用を低減させ、「共生」によって相互の要素が付加価値を高めあうことで、経済生態系が形成され、地域経営収支の向上につながるかと期待できる（図-9 参照）。

3-3 森のゼロエミッションの評価指標³⁾

循環型経済社会システムを具現化するには「身近に沢山の循環が見え、それに楽しみで参加できるコミュニティ」「外部経済性を共有するコミュニティ」「自分の居場所が見つけられる環境地縁コミュニティ」等による地域環境風土づくりが前提となる。評価指標として、地域スケールでのCO₂排出量最小化⁴⁾等の定量的で合意しやすい指標指標に加えて、無駄を省く／勿体ないことをしない／散らかさない／使い尽くす／等の地域経営収支向上のための必要条件を総合化した概念として「エントロピー生成量の最小化」が有効であろう。太陽からの恵が無制限と見做せる時間スケールで

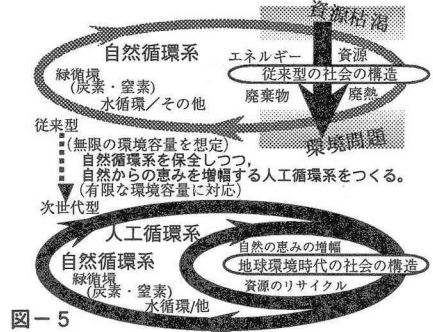


図-5 持続可能な地域空間に必要な社会構造

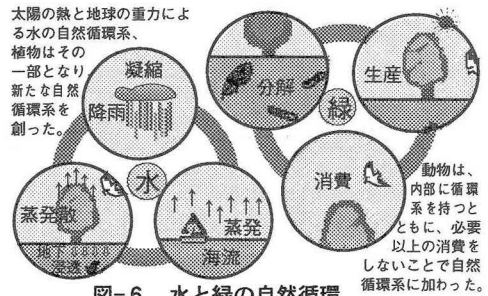


図-6 水と緑の自然循環

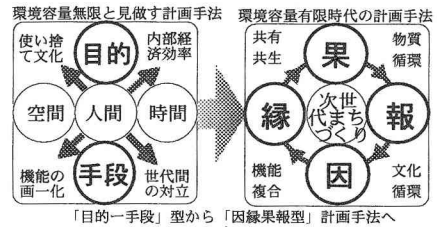


図-7 人工循環系計画の視点

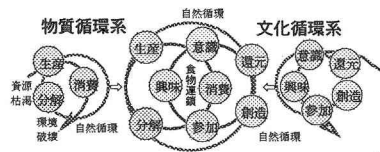


図-8 物質循環系と文化循環系の構築

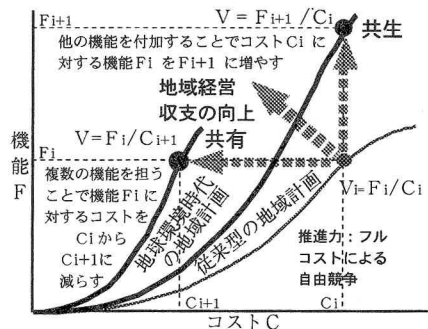


図-9 地域経済生態系の構築

地球という空間スケールのみを対象にすると、水の大循環はエントロピーの生成を伴わず、森は光合成により水と炭酸ガスから炭水化物を生産するので負のエントロピーを生成しているともいえ、水・炭素の自然循環系を環境容量の範囲内で活用する意味は大きい。

具体的な省エネルギー計画等のフローの計画では「エクセルギー効率を高める」ことが評価指標になる。すなわち、「そよ風」等、環境レベルに近いポテンシャルを優先的に利用することで省エネルギー、省資源を実現すると共に自然環境への負荷を環境容量以下にすることが目標となる。

利用エクセルギー/投入エクセルギー $\rightarrow \max$ (エクセルギー $E = ((T-T_0)/T) \cdot Q$)

E：外界の温度 T_0 の時に温度 T で熱量 Q が持つポテンシャルの状態量

風土性を活かしたバシッブデザイン、バイオマス資源の利用等が高く評価される。

建物計画等のストックの計画では「Life Cycle Value を高める」ことが評価指標になる。即ち、CO₂、有害物質の発生等に伴う社会的費用を含むライフサイクルコストを最小とすると共に、周辺地域への好影響等の外部経済性を含むライフサイクルにわたる機能を最大にすることが目標となる。

$$\int_{\text{空間}} \int_{\text{時間}} V \, dt \, dA \rightarrow \max$$
$$V(\text{計画の価値}) = F(\text{機能})/C(\text{コスト})$$

利用頻度が高く、人間の生活を豊かにする施設等が高く評価される。

3-4 森のゼロエミッション計画の手順^{5) 6)}

(1)共有系の構築：体内の器官はどれも多様な機能を担っており、例えば「口」は食べる、呼吸する、声を出す、表情をつくる等の働きをするように、地域を構成する一つ一つの要素を多目的に活かす視点を地域のまちづくりに取り入れる。例えば、木質発電プラントや木炭プラント排熱の利用、林道のエコロードとしての利用等、様々な「共有」の形態が考えられる。(図-10参照) 共有系の構築で、他の共有系と結合で

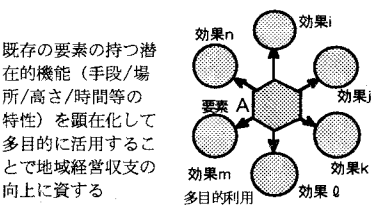


図-10 共有系の構築

(2)共生系の構築：「口」と「鼻」は共生関係にある。常時は鼻で呼吸するがスポーツの後のようなピーク負荷時には口が補完する。また、飲食は口がその機能を果たすが、香りが口の上に位置する鼻に入って付加価値となる。このように地域を構成する要素間に共生関係を成り立たせる視点をまちづくりの計画に導入する(図-7参照)。例えば、木質発電の導入と野菜工場との「共生」関係が考えられる。すなわち、木質発電の導入によって野菜のハウス栽培の熱源が確保される。逆にハウス栽培によって排熱が有効利用されるため木質発電の採算性が高まる等、地域環境特性に応じて様々な「共生」を具現化することができる。

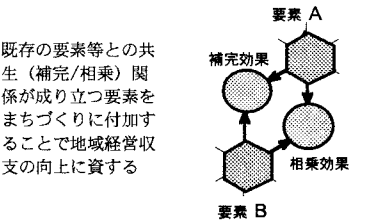


図-11 共生系の構築

(3)循環系の構築：「口」は消化器官、「鼻」は呼吸器官という循環系の一部をそれぞれ担うように、共生系を別の共有/共生系と、さらに共生させることで水、炭素等の物質循環、その推進力としての文化循環をデザインする。

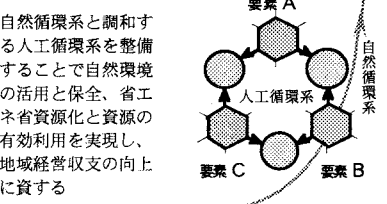


図-12 循環系の構築

以上の3段階の手順を順を追って検討することが地域特性に適應する人工循環系をデザインする場合に有効であると考ええる。

4 森のゼロエミッション計画手順の適応事例：炭焼き排熱利用と里山の保全⁷⁾

森のゼロエミッションのサステナビリティを担保するためには、空間、時間、生物人間へのソケ廻しをなくすことが必要であり、このためには従来型の「目的－手段」型の計画手法だけではなく「因縁果報」型の計画手法の適用が必要であることを前章までに記した。以下に森のゼロエミッション計画手順の適用事例として、里山という地域資源（因）を活かし、気候風土と地域社会環境（縁）を考慮して、結果（果）としての快適な暖房方式の採用、炭焼き産業の自立と共に、「報」として里山の保全、化石燃料の使用量削減、木炭によるCO₂の固定の実現を目指した計画例を示す。

(1)里山の保全：里山が我が国で薪炭林等としての経済的実用性をほぼ失ってから30年以上が経とうとしている。20～30年毎に繰り返されてきた雑木の伐採、自然萌芽の循環も消滅寸前に追い込まれている。里山の一部は、その「景」を公園等として取り込むことで保全されているが、「用」としての新たな経済財としての価値を地域経済生態系のなかで見い出さない限り、その「景」を広くとどめることも困難であろう。里山の経済財としての価値が上昇し明るい採光に満たされれば、里山の生物多様性、生物生息ポテンシャルも高まる。里山の魅力が高まり、訪れる人が増えることが里山の保全につながるという相乗効果が期待できる（図-13参照）。

(2)木炭の利用：木炭は、熱源としての用途以上に、水質浄化材、土壌改良材、調湿材等としての利用価値が見直されてきている。しかし、木材から木炭を製炭する過程で燃料用に製炭する場合でも一般には木材が持つ発熱量の過半は炭焼き排熱として消費されてしまうために、バイオマスとしての価値が十分には活用されていない側面がある。従って、木炭プラント（写真-2参照）の排熱をオンサイトで床暖房熱源に利用することはバイオマスの経済的価値を高めることになり、里山からの炭材の購入価格を若干でも上げられることにつながる。また、木炭を土壌改良材などに利用することは、樹木が朽ちる場合、または剪定枝などが焼却される場合に排出されるCO₂を地中に固定する効果がある。その固定量は木炭1トン当たり、約10人分の人間の呼吸による年間CO₂排出量に相当する（図-14参照）。

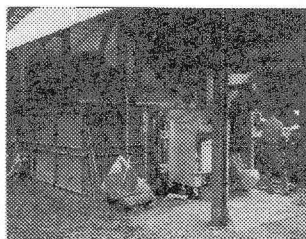


写真-2 木炭プラント（茨城県大子町）

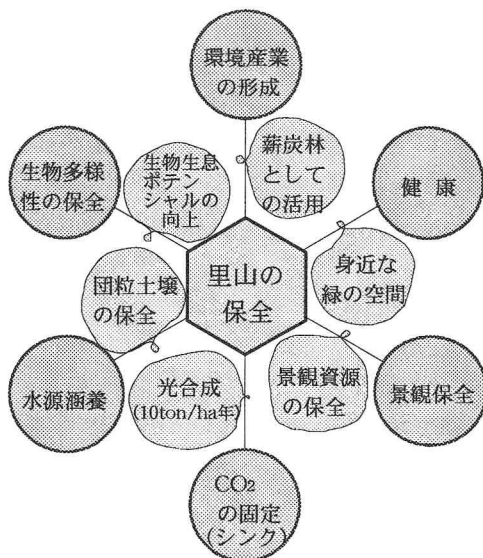


図-13 里山の環境保全

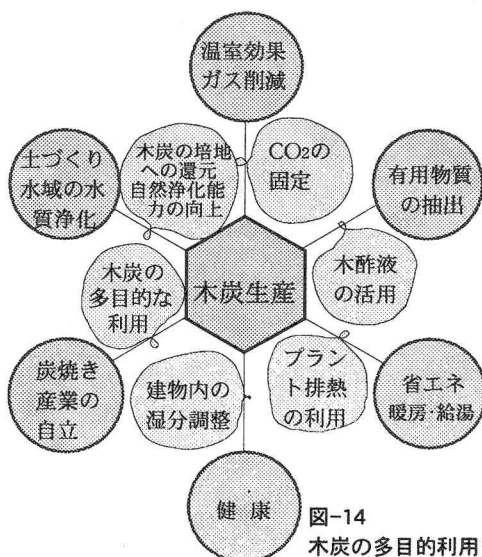


図-14 木炭の多目的利用

(3)輻射暖房：日本の気候風土を前提にすると、化石燃料を燃焼させて室内の空気を暖める従来型の暖房方式が快適性、省エネルギー性から必ずしも最適とはいえない地域も在ろう。炭焼きの時期は一般に炭材の水分が少なくなる秋から冬にかけてが最適であり、建物が暖房を必要とする期間と一致する。例えば、里山に立地するコテージは、建物内からの眺望を重視して窓面を広くとり、開放的にすることが付加価値となるが、従来型の空気を暖める暖房システムでは窓面からの熱損失が大きいのと比較して、床暖房の場合は輻射熱を利用し、室内の空気温度を高くする必要がないので省エネルギー性に優れていると同時に頭寒足熱の室内環境を実現し、快適性も高まる。また、天井高を高くして部屋の気積を大きくとれるので夏期の通風性も向上する（図-15、16、17参照）。なお、炭焼きプラントの排ガスから木酢液を回収し、臭気を削減してはいるが、周辺建物等との位置関係、卓越風の風向には十分配慮する必要がある（図-18参照）。

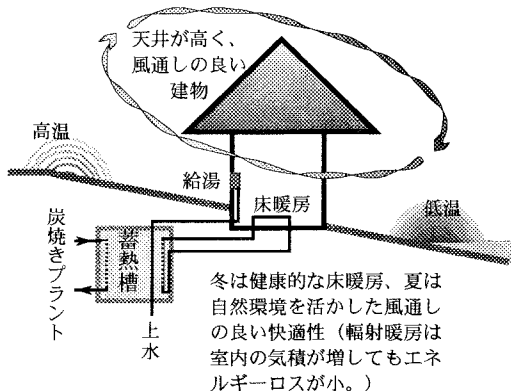


図-16 床暖房と自然通風による健康快適性の向上

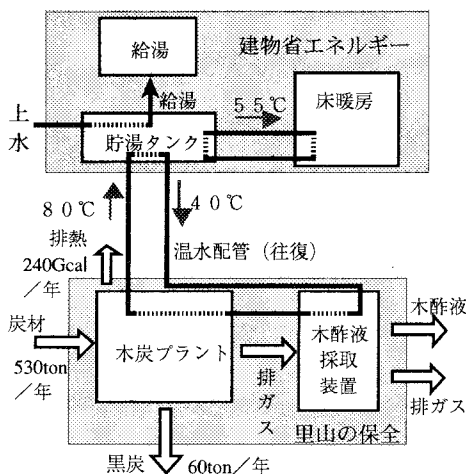


図-15 炭焼き排熱を利用した床暖房システム

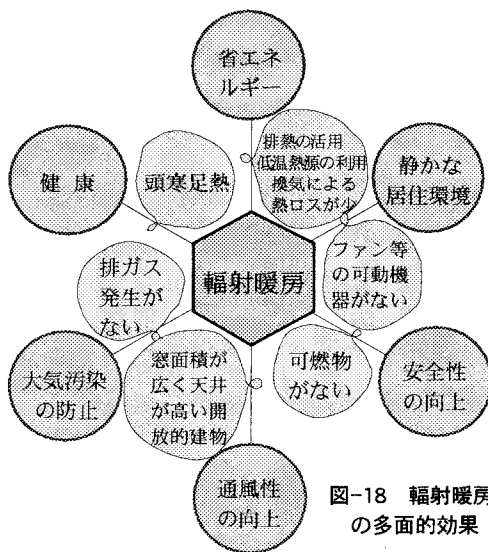


図-18 輻射暖房の多面的効果

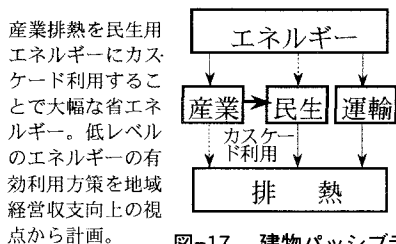
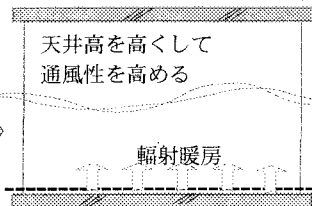


図-17 建物パッシブデザインと排熱利用の輻射暖房による快適健康安全性と省エネ性の両立



冬は健康的な床暖房、夏は自然環境を活かした風通しの良い快適性（輻射暖房は室内の気積が増してもエネルギーロスが小。）

に270万トン／年の生産実績があり、この値は日本の年間CO₂排出量である約3億トン-Cの1%削減量に相当する。以上の森のゼロエミッション計画手順の適応事例は、図-19に示すエコピレッジ計画の一部を構成している。

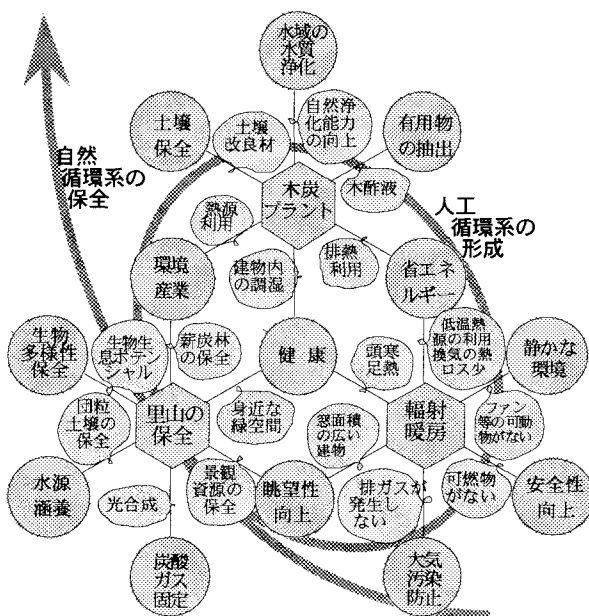


図-18 炭素循環系の形成

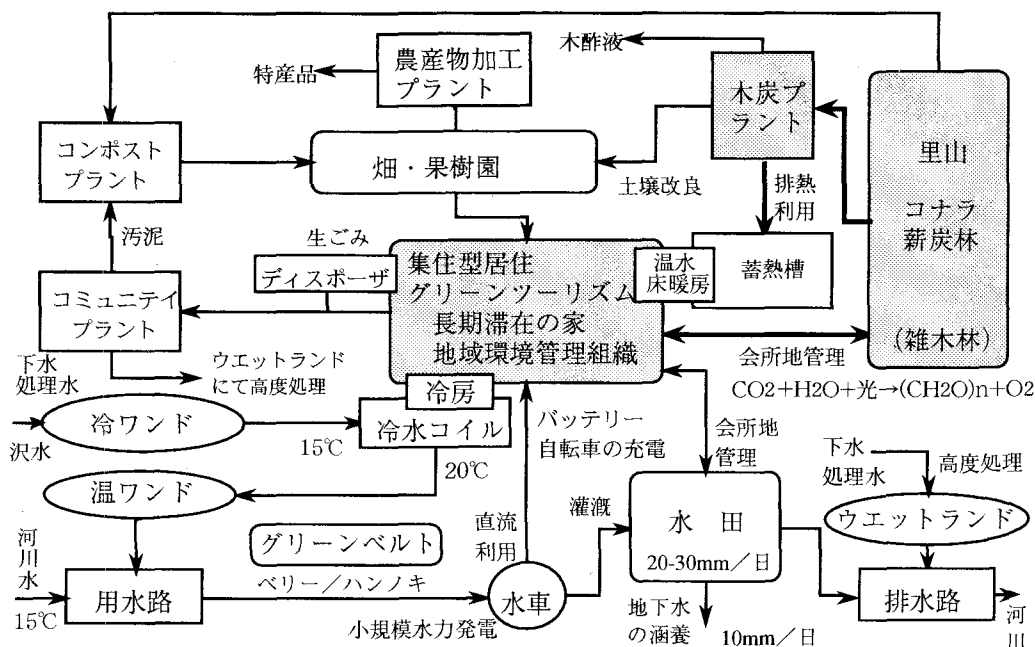


図-19 エコビレッジのシステムデザイン例

5 おわりに

次世代の価値観を具現化する生活の場として中山間地域のまちづくりを進めることは、森と都市との関係性を密にし、流域単位での循環型経済社会を形成し、森のゼロエミッションを実現するトリガーとなる。

バイオマス利用の視点からは、今後さらに石油化学の代替としての木材化学産業への原材料の供給、木質発電（図-20、21参照）等に基づく経済生態系の充実が期待され、交流人口と定住人口増大の視点からは、週末居住をはじめ、様々なライフスタイルの実践がすでに流れとなりはじめている。これらの変化と地域の場所性に基いて3章に示した因果果報型の計画手法を用いて多様なネットワークを構築することが地域経営収支の向上と循環型経済社会の形成を両立させ、さらに地域の活性化に繋がると期待できる。

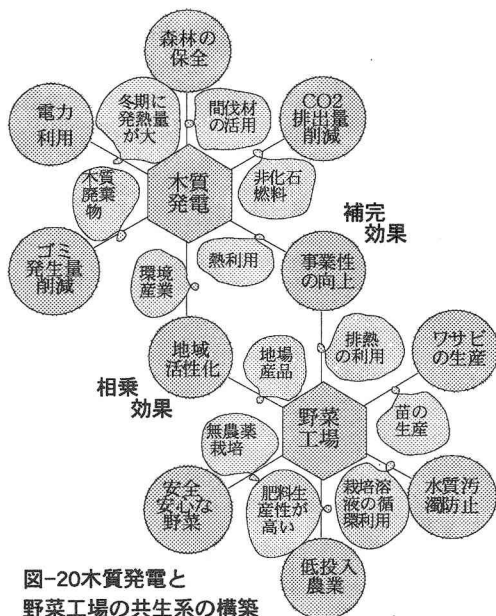


図-20 木質発電と野菜工場の共生系の構築

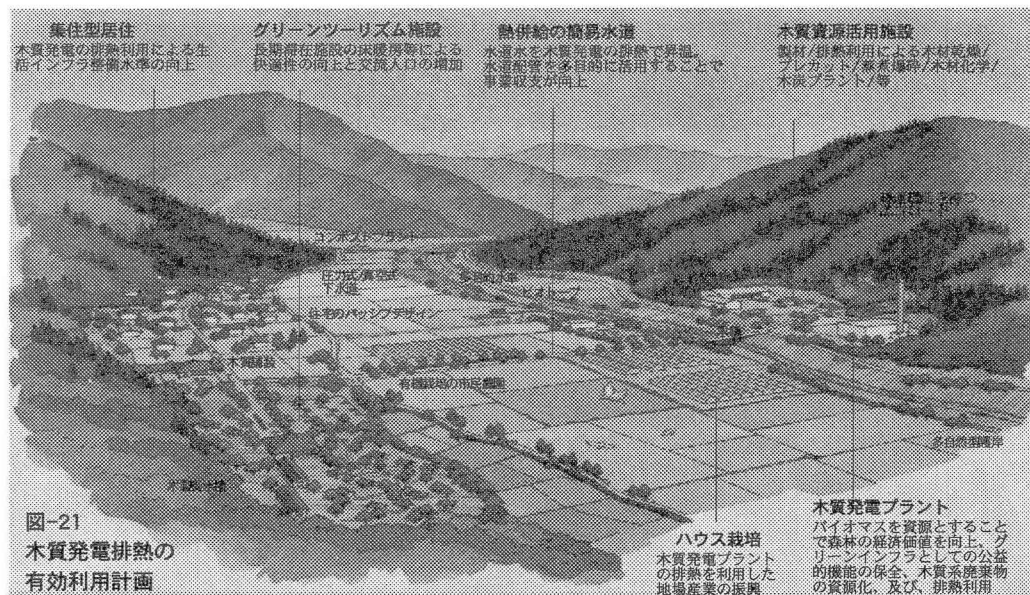


図-21 木質発電排熱の有効利用計画

参考文献

- 1) 武内和彦、他「環境時代の農村整備 エコビレッジの提案」ぎょうせい、1996.7.
- 2) 並木裕「サステナブル・コミュニティを考える一つの視点」エネルギー・資源、Vol.17, No.5, pp7~13, 1996.
- 3) 並木裕「環境共生型まちづくり」まちづくりの科学、鹿島出版、pp314~326, 1999.9.
- 4) 伊藤武美、他「二酸化炭素排出抑制技術・システムのニュータウン建設への適用」環境システム研究、Vol.24, pp250~259, 1996.10.
- 5) 並木裕「機能複合の計画と事例」建築雑誌、Vol.114, No.1436, pp52~53, 1999.3.
- 6) 並木裕「次世代都市インフラの計画手順」都市計画223、Vol.48, No.6, pp34~37, 2000.2.
- 7) 日本建築学会「大都市近郊居住の環境設計」丸善、pp39~57, 2000.8.