

## 森のゼロエミッション計画に関する研究（その2） 流域整備施策の抽出と木材利用によるLCCO<sub>2</sub>削減効果の試算

### A study on planning for advanced zero emission communities

some alternatives for zero emission communities in a basin and estimation improvement effect of LCCO<sub>2</sub>.

並木 裕\* 伊藤 武美\*

Yutaka Namiki Takemi Ito

**ABSTRACT:** A zero emission communities planning in forests aims both realizing a circulatory economic societies and vitalizing the industry. Three methods for the planning proposed are as follows. (1) Re-placing material in consideration of wood product in the region, realizes multiple values. (2) Re-combining known elements in consideration of regional characteristics, realizes additional values. (3) Re-designing infrastructures in consideration of small scale merits, realizes artificial circulatory systems. Carbon dioxide(CO<sub>2</sub>) emission from construction and during period of use was selected as one of evaluation indicators, and some improvement effect of the alternatives were estimated. (1) Replacing material of water tanks outdoor from steel or fiber-reinforced-plastic(FRP) to wood, will encourage using regional product and preservation of landscape in the forest. CO<sub>2</sub> emission from construction will be reduced by 35-42 %. (2) Using wood poles of streets lights will be help to have various uses of wood thinned out, and old poles of streets lights can be diverted to wood chip pavement. CO<sub>2</sub> emission from construction will be reduced by 44 %, and CO<sub>2</sub> emission during 20-year period of use will be reduced by 77 % by using wood poles and photo-voltaic system. **KEYWORD:** Zero Emission, Re-placing, Re-combining, Re-designing

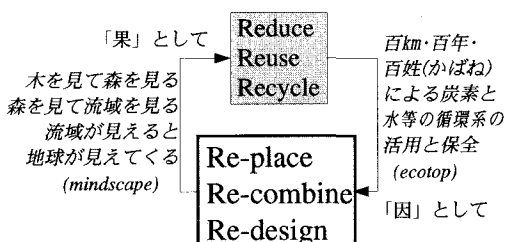
## 1 はじめに

前報では「森のゼロエミッション計画」の背景を示すと共に、単に目的を達成するための手段を計画する手法ではなく、地域環境特性と地域固有のネットワーク構造を活かし、因縁果報型で、目的は「果」として達成される計画手法を示した。すなわち、構成要素間の機能連携によって新たな付加価値を生み出し得る計画手法を①多目的利用の計画、②相乗効果並びに補完効果の計画、③自然循環系と調和した人工循環系の計画、の手順に沿って示した。<sup>1)</sup> 本報では、まず、上記の手順を ①Re-place, ②Re-combine, ③Re-design の3つの方策にそれぞれ対応させ、身近な循環系である、炭素循環、水循環、エネルギーのカスケード、有機窒素循環の4分野を対象として幾つかの流域整備施策を抽出した。次に、流域経営の評価指標の一つとしてLCCO<sub>2</sub>指標に着目し Re-placeの例として「木製の受水槽」、Re-combine & Re-design の例として「屋外照明灯支柱への間伐材の利用とチップ舗装」を対象にCO<sub>2</sub>削減効果を試算した。

## 2 良質なフローづくりの計画

### 2.1 循環型経済社会を支える社会基盤像

環境容量と地下資源を無限大であると看做すことがもはや許されない現在の地球環境時代を迎え、社会基盤それ自体も自然環境と調和した、生産→消費→分解



\* 大成建設株式会社 TAISEI CORPORATION

図-1 森のゼロエミッション計画策定の視点

機能を備えることが必要であると同時に、活力ある循環型経済社会を先導するために、良質な物質循環を誘発する役割をも果たす必要がある。社会基盤の整備は、長寿命で耐久性が高くメンテナンス性が良く労働生産性が高い、良質なストックの供給を目指す必要があるが、更に、森のゼロエミッションを支える社会基盤は、ヒューマンサイズで分解性能に優れた地域に密着した資源生産性が高い、良質なフローの形成に寄与する必要がある（表-1 参照）。

## 2.2 流域単位で外部経済性を共有

生産活動、消費活動に伴う不要物、副産物の発生に追従するエンドオブパイプ・アプローチだけでは円滑な物質循環と活力のある循環型社会の形成は困難である。地域の個々の構成要素の持つ潜在的な外部経済性を地域単位で顕在化し得る地域ゼロエミッション・アプローチが有効である。本報では、森のゼロエミッション計画が対象とする地域スケールを「流域」単位で設定した。この理由を以下に示す。

①地球環境問題は、環境保全と人間社会の利便性快適性の追求という相反する要素を含む課題を同時に解決しなければならないと共に、異なる利害を持つ人々の間の調整をも必要としている。「流域」は一般に上流域と下流域とで類似の課題を持つ場合が多く、人間・空間・時間の3つの「間」に係る地球環境問題解決の糸口を検討する最小単位の場合であると考えた。

②資源生産性と環境効率を高めるためには、大量生産、大規模流通に見られるラージスケールメリットをと共に、地域環境特性を活かす、運搬コストを抑制する、コミュニティ活動を誘発するなど、機能連携によって付加価値を生むスモールスケールメリットの顕在化が必要である。河川という絆でリエゾン、すなわち、機能連携が期待できる「流域」をスモールスケールメリットの顕在化の一般解を得ることが可能な最大単位の場合と考えた。

## 2.3 3R から 3R & 3R へ

循環型経済社会は従来型社会と比較して物質のReduce、Reuse、Recycle が充実しているはずである。従って、この3Rを「果」の3Rと呼ぶこととする。森のゼロエミッション計画は、流域単位で資源生産性及び環境効率を高めることで循環型経済社会と共に、地域の活性化をも同時に実現し、持続可能なコミュニティづくりに寄与することを目的としている。計画策

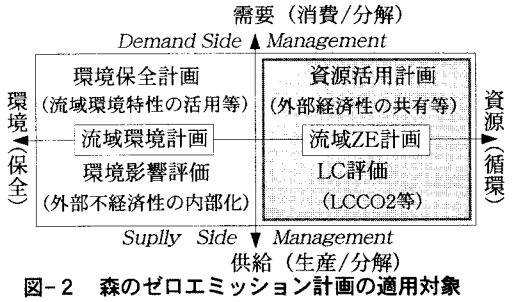


図-2 森のゼロエミッション計画の適用対象

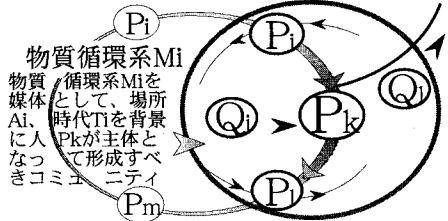


図-3 森のゼロエミッション・コミュニティ

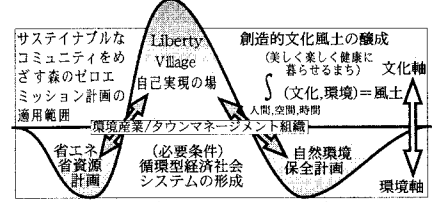


図-4 森のゼロエミッション計画と創造的文化風土の醸成

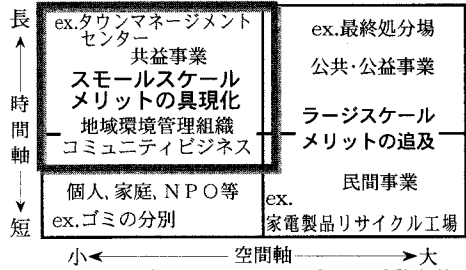


図-5 森のゼロエミッション計画と活動主体

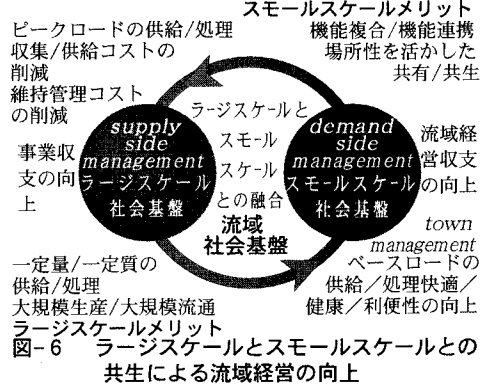


図-6 ラージスケールとスモールスケールとの共生による流域経営の向上

定に当たって以下の「因」の3Rを設定した（図-1 参照）。計画を実践した結果としてRe-duse、Reuse、Recycleが併せて実現され、更に、地域コミュニティの充実、地域産業の活性化等の付加価値が果報として生み出されることが期待できる。

- ①Re-place：地元木材等のエコマテリアルへの置き換えによる多面的価値の具現化
- ②Re-combine：地域特性を活かした既存要素相互の再結合による付加価値の具現化
- ③Re-design：スモールスケールメリットを活かした社会基盤の再設計による人工循環系の具現化

上記の「因」の3Rを流域スケールで適用することで資源循環に係る供給サイドと需要サイドの両面を包含した地域ゼロエミッション計画が可能になる。また、資源循環と環境保全とは、ツクシとスギナの様に同根の課題であり、自然循環系との調和が必要な流域ゼロエミッション計画策定に当たっては、流域環境計画との整合を図ることが必要条件である（図-2 参照）。

2.4 森のゼロエミッション・コミュニティ

物質循環と文化循環は車の両輪であり、文化軸を高めることが環境軸を深めることになる。テーマコミュニティ<sup>2)</sup>により創造的な森のゼロエミッション文化風土が醸成されることが、「生産→消費→分解」の物質循環の駆動力になる（図-3、4 参照）。ここでは、テーマコミュニティを好縁コミュニティと地縁コミュニティの融合体であると考えている。好縁コミュニティは、ゼロエミッションへの共通の目的意識によって構成されるコミュニティであり、情報資源によって結ばれる。地縁コミュニティは、流域、森等の共通の場所によって構成されるコミュニティであり、環境資源によって結ばれている。二つのコミュニティが融合することによって、そこに参加する人々の様々な知恵や情報が地域に集結し、地位がより活性化していく。好縁コミュニティにとっては蓄積してきた高度な知恵を実証する現実の場を得ることができ、地縁コミュニティにとってはグローバルな広がりの中で高度な情報を活かすことができる。更に、森のゼロエミッションをテーマとするコミュニティは、ライフスマイルを旨とする新たなライフスタイルを生み出し、スモールスケールの空間とロングレンジの時間で地域に責任を持つことができるコミュニティ・ビジネスを活性化させる可能性を持つ（図-5 参照）。また、森のゼロエミッションコミュニティによって育てられるスモールスケールの社会基盤は、ラージスケールの社会基盤との間に相乗効果、補完効果を生む可能性を持つ（図-6 参照）。

表-1 森のゼロエミッション型の社会基盤像

|              | 従来型の社会基盤                                                      | 森のゼロエミッション型の社会基盤                                                                   |
|--------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 目的<br>(特徴)   | 良質なストックづくり<br>労働生産性の向上                                        | 良質なフローの誘発&良質なストックづくり<br>労働生産性の向上&資源生産性の向上                                          |
| 構造<br>(特徴)   | ツリー型構造<br>問題解決型/ラージスケールメリットの追及と外部不経済性の顕在化/地球環境容量が無限と見做せる時代に有効 | セミラティス型構造<br>付加価値創造型/スモールスケールメリットの顕在化と自然と調和した人工循環系の構築/動的安定型（時間的安定性）/地球環境容量有限の時代に必要 |
| 事業収支<br>(特徴) | 単独事業収支<br>外部不経済性内部化による事業性低下                                   | 流域経営収支<br>機能連携による社会的費用の削減と外部経済性の共有                                                 |
| 計画手法<br>(特徴) | 目的-手段<br>独立させた系の中で目的を達成するのに最も効率的な手段を選択                        | 因縁果報&自利利他<br>場所性を活かしたシステム構成で果報として目的達成と付加価値創造/流域政策としての「つなぎ」計画が必要                    |
| 評価手法<br>(特徴) | 利便・快適・安全・健康<br>サステナビリティは評価対象外                                 | エントロピ生成量最小化+利便・快適・安全・健康<br>外部経済性の共有、サステナビリティを評価                                    |
| 住民参加<br>(特徴) | 納税（公益）<br>ブラックボックス的な位置づけ                                      | 主体的参加（共益）<br>スモールスケール、ロングスパンで責任ある運営主体が必要/創造的文化風土醸成/コミュニティビジネスの充実                   |

流域を空間単位として、炭素循環、排熱有効利用、水循環、有機窒素循環の4分野（図-7参照）を対象に森のゼロエミッション計画手順<sup>1)</sup>に従って社会基盤整備施策を抽出した（表-2参照）。

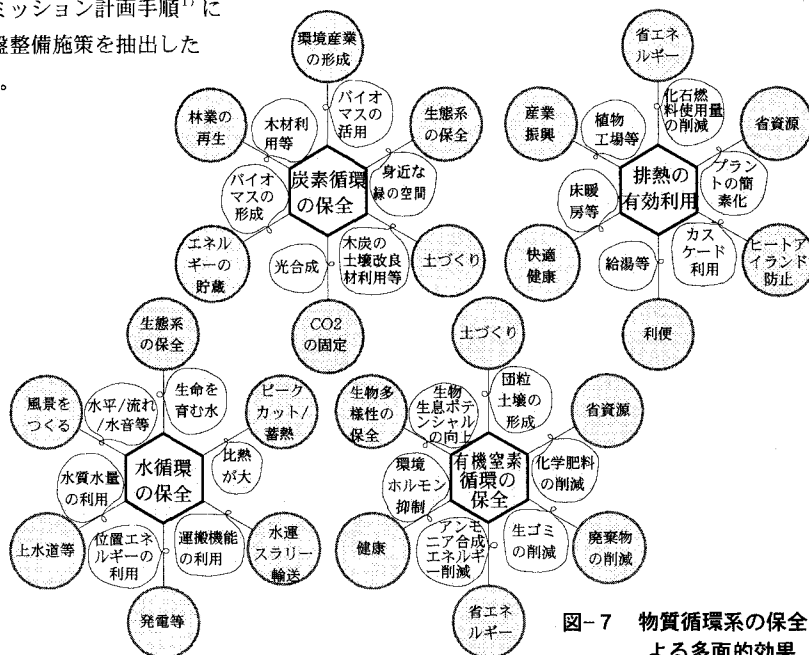


図-7 物質循環系の保全による多面的効果

表-2 森のゼロエミッション社会基盤整備施策例

|         | 機能連携のパターン                                                                       | 水循環                                                          | 炭素循環                                            | 有機窒素循環                                                | エネルギー利用                                                |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 共有型インフラ | <p>1.</p> <p>既存施設等の持つ潜在的機能（手段/場所/高さ/時間等）を顕在化して多目的に活用して流域経営収支の向上に資するインフラ</p>     | <p>◇熱併給上水道<br/>◇雨水浸透施設の多目的利用<br/>◇下水道布設に伴い不要になる浄化槽への雨水貯留</p> | <p>◆木製水槽利用<br/>◇木炭プラント<br/>◇間伐材の建物の燃えしろへの利用</p> | <p>◇水と空気と微生物の団粒土壌づくり<br/>◇生ゴミ資源化</p>                  | <p>◇水車の利用<br/>◇木質発電<br/>◇共用インバータを持つソーラー発電（屋根借り発電等）</p> |
| 共生型インフラ | <p>2.</p> <p>既存インフラ等との共生（補完/相乗）関係が成立立つ機能を付加することで流域経営収支の向上に資するインフラ</p>           | <p>◇ウエットランドによる排水の高度処理<br/>◇圧力/真空式下水道と中水道の同時施工による土工量の削減</p>   | <p>◇木炭の調湿材利用とパッシブ住宅<br/>◇間伐樹木利用の人工魚礁</p>        | <p>◇ティスボーザによる生ゴミのスラリー輸送と資源化<br/>◇有機野菜とファーマーズマーケット</p> | <p>◇木質発電と植物工場<br/>◇水力発電と電気自動車の夜間充電<br/>◇床暖房とパッシブ建築</p> |
| 循環型インフラ | <p>3.</p> <p>自然循環系と調和する人工循環系を整備することで自然環境の活用と保全、省エネ省資源を実現し、流域経営収支の向上に資するインフラ</p> | <p>◇地下水の熱源限定利用と地下への還元装置</p>                                  | <p>◆防腐防蟻処理をしない木材利用と木質舗装材への最終利用</p>              | <p>◇生ごみ堆肥の市民農園での利用と作物のファーマーズマーケットでの販売</p>             | <p>◇そよ風の道の活用による省エネルギー<br/>◇排熱利用の輻射暖房</p>               |
| ソフトインフラ | <p>4.</p> <p>固有の場所性を活かした運営管理を行うことで流域経営収支を高めると同時に地域文化を醸成するインフラ</p>               | <p>◇冠水を容認できる土地利用（信玄堤）<br/>◇水源税</p>                           | <p>◇グリーン購入<br/>◇緑の里親制度<br/>◇炭素税</p>             | <p>◇有機農法支援制度</p>                                      | <p>◇サマータイム<br/>◇不定時法<br/>◇直流電源利用<br/>◇コミュニティビジネス</p>   |

## 4 「木」を使う社会基盤の評価

### 4.1 木の効いた流域整備

森は流域が共有する多面的な機能を有する固有の資源である（図-8 参照）。森の資源生産性を高める視点から、木を利用した流域整備施策についてLCCO2指標による評価を試みた。

### 4.2 LCCO2評価

以下の用途についてCO2排出量削減効果を試算した。①屋外設置の受水槽への木槽の利用：地域に調和した景観を形成。断熱性能の向上。②間伐材が支柱の屋外照明：LED使用で照明装置を軽量化して木材の強度的弱点を補完。伐出された間伐材は通学路利用の農道の夜間照明灯等の支柱に使う。農道は農作物の育成に配慮した照明にする必要がある。防腐防蟻剤処理をしない支柱は脱着を容易にして5年ほど経過したらその場でチップ化して木質舗装材として利用し、最後は炭酸ガスと水に戻す。間伐材の支柱を利用することで地域特性に馴染んだ風景が創られる。また、商用電力が付近にない場合はソーラー等の自然エネルギー利用が経済的にも有利になる場合が多い（図-9 参照）。

CO2 排出量の算定は、日本建築学会<sup>3)</sup>、空気調和・衛生工学会<sup>4)</sup> が提唱する方法を用いCO2排出量原単位は1990年産業連関表[I-Ad]+海外波及考慮消費支出+資本形成+流通の値を使用した。部材量はメーカー資料等から把握した。詳細な重量が把握できない部分については他の試算事例<sup>5)</sup>を参照した。

①木製受水槽使用によるCO2排出量削減効果の試算結果：木製水槽とFRP水槽、ステンレス製水槽とを比較。前提条件は有効容量100m<sup>3</sup>、耐用年数20年、廃棄時は10km離れた産業廃棄物処理施設へ搬出、木製水槽：円筒型5.0mφ5.6mH6.9ton<sup>6)</sup>、FRP製水槽：箱型6.0mW6.0mL3.0mH4.1ton<sup>7)</sup>、ステンレス製水槽：箱型3.0mW7.0mL5.0mH4.3ton<sup>8)</sup>

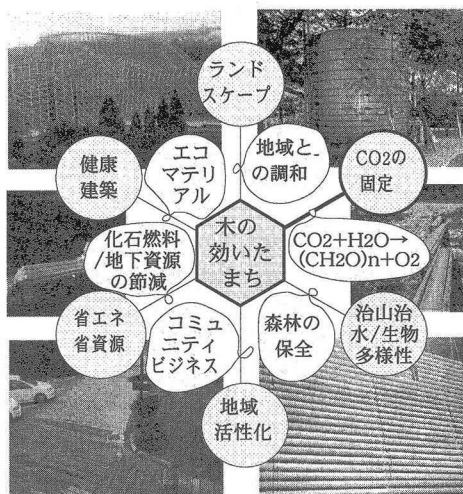


図-8 「木の効いたまちづくり」の多面的効果

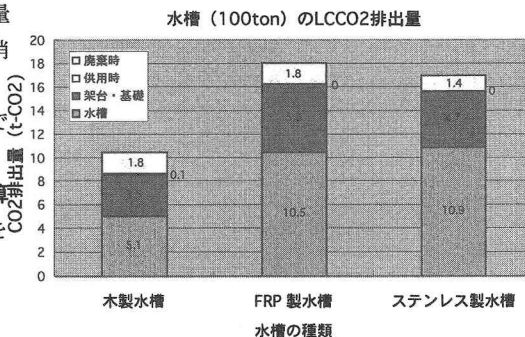


図-10 水槽のCO2 排出量の比較

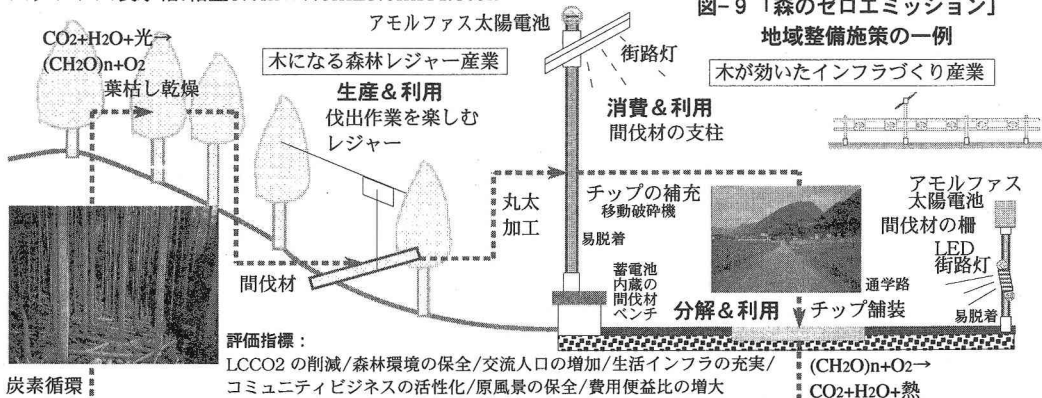


図-9 「森のゼロエミッション」地域整備施策の一例

とした。LCCO<sub>2</sub> 排出量は、FRP製水槽が18.1ton-CO<sub>2</sub>、ステンレス製水槽が17.0ton-CO<sub>2</sub>であるのに対して木製水槽は10.5ton-CO<sub>2</sub>であり、それぞれ42%、38%の削減効果になった（図-10参照）。

## ②間伐材が支柱の屋外照明によるCO<sub>2</sub>排出量削減

**効果：**木製支柱と鋼管支柱との比較をした。前提条件は、地上高さ3.0m、根入れ深さ0.7m、直径114mm鋼管柱、コンクリート基礎0.5m×0.5m×0.8m<sup>9)</sup>の鋼管支柱の照明装置を150mm木柱に置き換えた。建設時のCO<sub>2</sub>排出量は鋼管支柱が0.262ton-CO<sub>2</sub>であるのに対して木製支柱では0.146ton-CO<sub>2</sub>であり、44%の削減効果になった。なお、照明の電源をソーラー発電、供用20年とした場合のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量は、鋼管支柱が6.69ton-CO<sub>2</sub>であるのに対して木製支柱では1.52ton-CO<sub>2</sub>であり、77%の削減効果になった（図-11参照）。

## 5 あとがき

### 5.1 相生の循環を目指して

自然循環系と調和した、炭素循環、エネルギーのカスケード利用、有機窒素循環、水循環に係る人工循環系を計画するに際し、LCCO<sub>2</sub>等の来るべき循環型経済社会が必要とする評価指標で個々の整備メニューの評価を行う意義は大きい。更に、流域環境特性を活かして、「木生火（エネルギー利用）→火生土（土づくり）→土生水（保水）→水生木（育林）」などによる相生（そうしょう）の循環系を計画することが、流域経営の視点から有効であろう（図-12参照）。

### 5.2 「森に発し、街を廻り、森を育む」社会基盤

森は多面的な効用を有する流域資源である。来るべき国産材時代に備えて、森林資源の経済財としての価値を高めて森林の保全に繋げる機能連携施策を優先実施することが有効であろう。図-13に機能連携施策の一例を示す。

#### 参考文献

- 1) 並木裕、伊藤武美：森のゼロエミッション計画の手順に関する提案、第28回環境システム研究論文発表会講演集、pp209-216、2000.10.
- 2) 大成建設㈱、細内信孝：「テーマコミュニティの森」2001.6.
- 3) 日本建築学会：建物のLCA指針（案）、pp121-128.1999.
- 4) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生設備の環境負荷削減対策マニュアル、pp243-284.2001.
- 5) 伊藤武美、他：ライフサイクル評価を用いた公園計画に関する研究、アーバンインフラテクノロジー推進会議第10回研究発表論文集、1999.
- 6) 日本木構木管㈱：木構資料、1998.
- 7) 積水工事㈱：セキスイFRPパネルタンクパンフレット.
- 8) ㈱ベルテクノ：ステンレスパネルタンクパンフレット.
- 9) ヤマギワ㈱：照明カタログ、1999.

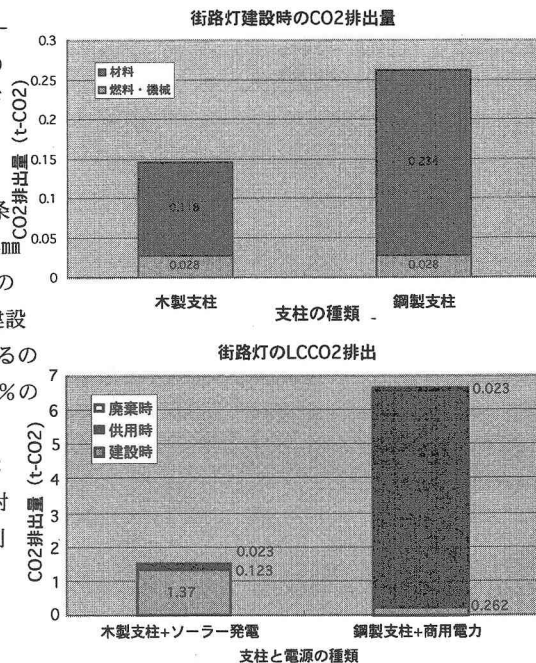


図-11 街路灯のCO<sub>2</sub> 排出量の比較

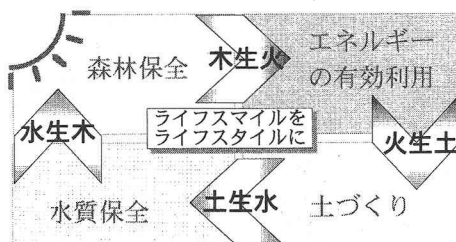


図-12 相生（そうしょう）の循環

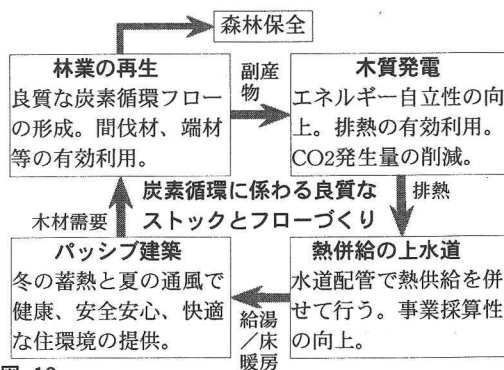


図-13

「森に発し、まちを廻り、森を育む」社会基盤整備例