

# 新たなコモンスの創生を目指して

—脱石油！ バイオマス資源カスケード利用の可能性

古藤田香代子

根立俊恵

## 要旨

原油価格の高騰が続いている。一九七三年に起きた石油ショックの記憶が蘇るのだが、石油やガソリン、石油原料が値上がりし、産業や家計に響き始めてきた。二〇〇二年二月に、内閣府では経済財政運営と構造改革に関する基本方針を受けて、「バイオマス・ニッポン総合戦略」を策定し、バイオマス利用促進は国家プロジェクトとしての取り組みになっている。しかし、バイオマスの欠点である「資源の分散性」、「低カロリー」、「高含水比」といった欠点を克服できずに、実験的な利用にとどまっている事例が大半である。

また、九七年に締結された京都議定書では、地球温暖化の原因となる温室効果ガスの一種である二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素等を（二〇〇八年から二〇一二年）六％削減しなければならぬ。しかし、三・九％（一三〇〇万炭素トン）を吸収する予定の森林整備が遅れており、現状では達成が難しくなっている。

そこで、この研究ノートでは、林野庁を始め、各省庁の取り組み、特に二〇〇六年に発表された『技術戦略マップ』の中でのバイオマス資源の位置づけを明らかにする。また、国立市、長野県朝日村、塩尻市、山形村をフィールドとして取り組んだ事例、渋柿・カラマツプロジェクトや、現在進めているバイオマス資源の分子レベルでの研究開

発、化粧品の商品化を紹介する。このレポートがバイオマス資源に関心を寄せる方々のお役に立てれば、幸いである。

## 一 はじめに

国連食料農業機関（FAO）によると、地球上の森林は熱帯林を主に、一九九〇年から一九九五年の間に五六三〇万ha減少し、シベリアなどの森林も、過度の伐採による森林減少が懸念され、これら世界の森林減少による大気中の二酸化炭素の増大が地球温暖化を加速させる一因であると指摘している。

一方、わが国の国土面積三七七九万haのうち、約七割の二五一二万haを森林が占めている。その森林の四割は手入れの必要な人工林であるが、木材価格の低迷、安価な輸入材の増加、山村の高齢化などが原因で、間伐がされないままに放置され、又は再植林がなされないままに山が荒れた状態になっている（写真1）。

かつて里山は集落の共有地（共有財産）とみなされ、入会権や利用（管理）のルールが暗黙のうちに定められていた<sup>(1)</sup>。人々はルールにのっとり、春は山菜、秋はきのこ、まきや炭の供給源など様々な里山の恵みを享受してきた。同様に森林資源も間伐がなされ、社会的共通資本（コモンズ）として適切に維持・管理されてきたのである。しかし、市場経済の流れの中で、海外から安価に木材が輸入されるようになると、国内の森林は手入れをされないままに放置され、一方、海外の森林は過度の伐採により減少の危機に直面するという悪循環に陥っている（参考資料）。

日本で最も社有林（一九九万ha）を有する王子製紙株式会社（以下、王子製紙）を例にとると、パルプの七割を輸入材が占めている。成長の早いユーカリやアカシアを広大な土地を有するオーストラリアやマレーシアで栽培（遺伝子組み換え）し、チップ化して大型コンテナで輸送している。国内のコピー用紙の大半がユーカリで作られていることはあまり知られていないだろう。また、国内パルプ材の三割は、広葉樹が利用されてきたが、近年は建築端材、廃



間伐未実施林



間伐実施林

写真1 間伐未実施林と間伐実施林

材、新聞紙などが再生利用されており、実際に間伐材を利用するケースは少なくなっている。

一方、北欧諸国では、再生可能な森林資源を化石資源である石油や石炭の代替として積極的に利用してきた。スエーデンの森林面積は国土の約一割の四〇〇〇km<sup>2</sup>しかないが、資源・エネルギー省では、現在の森林資源を一〇〇年間で二倍にする計画を打ち立てている。

現在、同国は北海油田の採掘権を保有しているにも拘わらず、一九七三年の石油危機の反省を基に、木材などに由来する可燃性廃棄物は、熱電併給工場(Combined Heat and Power: CHP)で燃焼され、電気や地域暖房に利用されている。再生産可能な森林資源由来の製品の割合を多くすることにも努めている。

わが国でも、昨年ようやく森林・林業基本法が改正され、従来の林業振興から、環境の視点である二酸化炭素の吸収、水源の涵養や山崩れの防止などの多面的機能を有することが規定された。さらに都市住民の「田舎暮らし」への憧れ、自然との触れ合いによる心身のリフレッシュ効果、青少年の体験教育への期待など、新たな視点での森林の活用が求められている。言い換えれば、市場経済にすべてを委ねるのではなく、社会的共通資本として新たな commons の仕組みづくり『緑の社会資本』の合意形成が必要になっていると言えるだろう。

王子製紙が実施している「王子の森」は、市場経済の中で、企業の社会貢献事業

として実施されている。企業活動として期待できるものではあるが、社会的共通資本として森林の再生を図るには企業、森林組合、NPOを始め、行政など多様な人々の協同が必要になると思われる。

二〇〇六年に林野庁が実施した「山村力誘発モデル事業」は都市と農山村との交流を通じて山村の力を再生しようとする試みに対し、助成金を半額交付するものである。また、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO、以下NEDOと略す）が募集している「バイオマスのカスケード利用実態調査」（二〇〇六年一〇月）は、新たな技術開発や市場の可能性を調査・研究するものである。そこでこの研究ノートでは以下の二つの視点に基づき報告したいと思う。

第一に、生産可能な森林資源由来の製品の割合を多くするためには、森林資源（木質系バイオマス資源）のカスケード（段階的）利用と分子レベルでの技術開発が必要となっている。ここでは、紙を製造する工程から排出されるリグニン等の利用の現状を紹介すると共に、現在私どもが進めている研究開発及び商品化の方向性について紹介したい。第二に、新たな地域経済からの再生（新たなコモন্ズの創生）を図るNPOの活用、都市農村交流、地域通貨など社会的な取り組みを紹介する。

## 二 イノベーション政策におけるバイオマス関連技術の位置づけ

実践報告に入る前に、森林資源（木質系バイオマス資源）のカスケード（段階的）利用と技術開発が今なぜ求められているのか、その政策的な背景について説明したい。

二〇〇二年一二月に「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定され、これに基づいて政府は省庁横断的にバイオマスに関連する計画的な施策の推進を図ってきた。その前提には、枯渇が予想される石炭や石油などの化石資源に

依存するこれまでの大量生産、大量消費、大量廃棄の社会システムが地球温暖化、廃棄物、有害物質等の様々な環境問題を深刻化させていることへの国家的な対策が急務であるという認識がある。その後、二〇〇六年にはバイオマスの利活用の現状と課題の検証を踏まえて新たな総合戦略が策定された。

バイオマス・ニッポン総合戦略<sup>②</sup>によれば、バイオマスとは生物資源 (Bio) の量 (Mass) を表す概念で「再生可能な、生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの」であり、無機物である水と二酸化炭素から、生物が光合成によって生成した有機物である。バイオマスは、生命と太陽エネルギーがある限り持続的に再生可能な資源だとされる。また、バイオマスを燃焼すること等によって放出される二酸化炭素と植物が成長過程に光合成によって吸収した二酸化炭素が相殺されることから大気中の二酸化炭素量を増加させないという「カーボンニュートラル」と呼ばれる特性を有しているため、化石資源由来のエネルギーや製品をバイオマスで代替することにより、地球温暖化を引き起こす温室効果ガスの一つである二酸化炭素の排出削減に貢献することが期待されている。さらに「バイオマスは、化石資源のようにエネルギーとしても製品としても利活用でき、生活の幅広い場面での利活用が可能である」として、同戦略でも活用への期待と実用化への指針が述べられている。

その中で、バイオマスのカスケードの利用については、「バイオマスを資源として十二分に活用するには、原則として、バイオマスをすぐに燃焼させ二酸化炭素に戻すのではなく、製品として価値の高い順に可能な限り長く繰り返し利用し、最終的には燃焼させエネルギー利用するといったカスケード的（多段階的）な利用が個々の技術開発の推進に加えて求められる。そのために、個々の技術開発をシステムとして体系化し、実用化することが急務である」と述べられている。このバイオマス・ニッポン総合戦略を下敷きにして、各省庁がバイオマスに関する具体的な研究開発に取り組んでいる。

なかでも、本稿ではバイオマスの産業利用に関わる経済産業省と、その資金配分を担うNEDOの動きに注目している。NEDOがバイオマス資源のカスケード利用についての研究開発を推進する背景には、各種バイオマスをエネルギー利用する上でいまだに化石燃料と比較してコストがかかり、その導入・普及が進まないという現状がある。現在利用されていないバイオマス、特に廃棄物系バイオマスの多くは、単にエネルギー化させるだけではコストに見合わないといえる。そのため、カスケード利用によるコスト削減が普及を促進する上での鍵となる。カスケード利用を通じて未利用バイオマスが高付加価値の再資源化商品の原料となれば、バイオマスのサイクル全体としてはエネルギーコストが低減されることになり、利用が進んでいない廃棄物系バイオマスの利用が進展するというのがNEDOの狙いである。このように、バイオマスのカスケード利用は重点研究開発分野と位置づけられている。Funding AgencyであるNEDOが研究開発投資を行う分野を選定する際の下敷きとなっているのが、二〇〇五年から経済産業省が作成している「技術戦略マップ」である。

## 二・一 産業技術政策における戦略的な研究開発投資

産業技術政策の所管府省である経済産業省の研究開発投資に注目すると、経済産業省は、科学技術基本法を受けて二〇〇一年度から「研究開発プログラム」という、政策目標達成に向けた研究開発投資の重点化を目的としたプログラムを実施している<sup>(3)</sup>。二〇〇四年に発表された『新産業創造戦略』は、「日本の産業が世界に先駆けてイノベーションを創出しそれが持続的・自律的に達成されるようにするためには、一層明確に事業化を見据えた研究開発・導入シナリオに基づいた、研究開発投資の戦略分野への重点化を図ることが必要」であると述べている。

さらに、産業構造審議会産業技術分科会などでは、研究開発投資の戦略的な運営（強化・重点配分化）が進むと同

時に国民への説明責任についての問題も指摘されている。

研究開発投資は第三期科学技術基本計画では約二五兆円が、他の予算とは異なって重点的に配分されている。戦略的な資金配分を実現させるためには、関係する各機関（経済産業省、NEDO、産総研など）が投資の基準を共有している必要がある。また、それらの基準は広く国民に公開され、透明性の確保された資金配分が実現されることが望ましい。さらに、単に課題対応的な資金配分ではなく、長期・中期・短期というタイムスケールを通じて、一貫性のある研究開発投資が行われる必要がある。

## 二・二 技術戦略マップの策定

このような戦略に基づいた研究開発プログラムの実現に向けて、経済産業省は戦略ビジョンの文書化・視覚化によって関係機関のビジョン共有と国民への資金配分の透明性を確保することを目的に、全技術分野を網羅的にロードマップの形に表した「技術戦略マップ」を策定した<sup>(4)</sup>。経済産業省によると、その目的は以下の3点である。

(1) 研究開発投資に関し、考え方、内容、成果等について国民に説明を行い、理解を求める

(2) 技術動向、市場動向等を把握するとともに、国または民間において取り組まれるべき重要度が高いと考えられる技術（重要技術）の絞り込み等を行い、本省が研究開発プロジェクトを企画立案するための政策インフラを整備する

(3) 専門化する技術、多様化する市場ニーズ・社会ニーズに対応するため、我が国の研究開発に関し、異分野・異業種の連携、技術の融合、関連施策の一体的実施等を促進するとともに、産学官の総合力を結集する

技術戦略マップは、基本的に分野ごとに(1)研究開発とともにその成果を製品、サービス等として社会、国民に提供していくために取り組むべき関連施策を含めた「導入シナリオ」、(2)市場ニーズ・社会ニーズを実現するために必要な技術的課題、要素技術、求められる機能等を俯瞰するとともに、その中で重要技術を選定した「技術マップ」、(3)研究開発への取り組みによる要素技術、求められる機能等の向上、進展を時間軸上にマイルストーンとして示した「ロードマップ」という三つの文書が作成されている。さらに、これらの文書を作成するための策定背景などを記した「要旨」、また文書を補完するための各種資料である「参考資料」が付帯文書として用意されている。

### 三 技術戦略マップにおけるバイオマス関連技術の位置づけ・リグニンの活用に着目して

次に、技術戦略マップにおいてバイオマス関連技術がどのように扱われているのか見ていきたい。特に本稿ではバイオマス資源の中でもリグニン<sup>(5)</sup>の活用に着目し、その産業技術政策的な位置づけを概観する。

技術戦略マップ二〇〇六において、「リグニン」および「リグノフェノール」という語は22箇所に出現しており、出現している分野は環境・エネルギー分野(「CO2固定化・有効利用」分野、「3R」分野、「エネルギー」分野の3分野)および製造産業分野におけるグリーンバイオ分野である<sup>(1)</sup>。

環境・エネルギー分野におけるマップ作成の基本的な視点を踏まえた上で、実用化への見通しも含めた各分野におけるリグニンおよびリグノフェノール関連技術の技術戦略上の位置づけを説明する。

#### 三・一 CO2固定化・有効利用分野(環境エネルギー分野)

この分野のマップ策定においては、次の二つの点から「CO2固定化・有効利用技術」の重要性が指摘されている。

第一に、「地球温暖化対策として、省エネルギー技術の開発・導入や代替フロン等の削減対策等の温室効果ガス排出削減の取組みが従来も行われてきたが、大気中CO<sub>2</sub>濃度は依然として上昇している。このような現状を踏まえ、持続的な社会の構築には現行の取組のみでは不十分である」という見方がある。そこで、新たに「CO<sub>2</sub>固定化・有効利用」を将来的に導入可能な対策技術オプションとすることが謳われ、そのための技術開発を推進するための戦略的なビジョンが示されている。

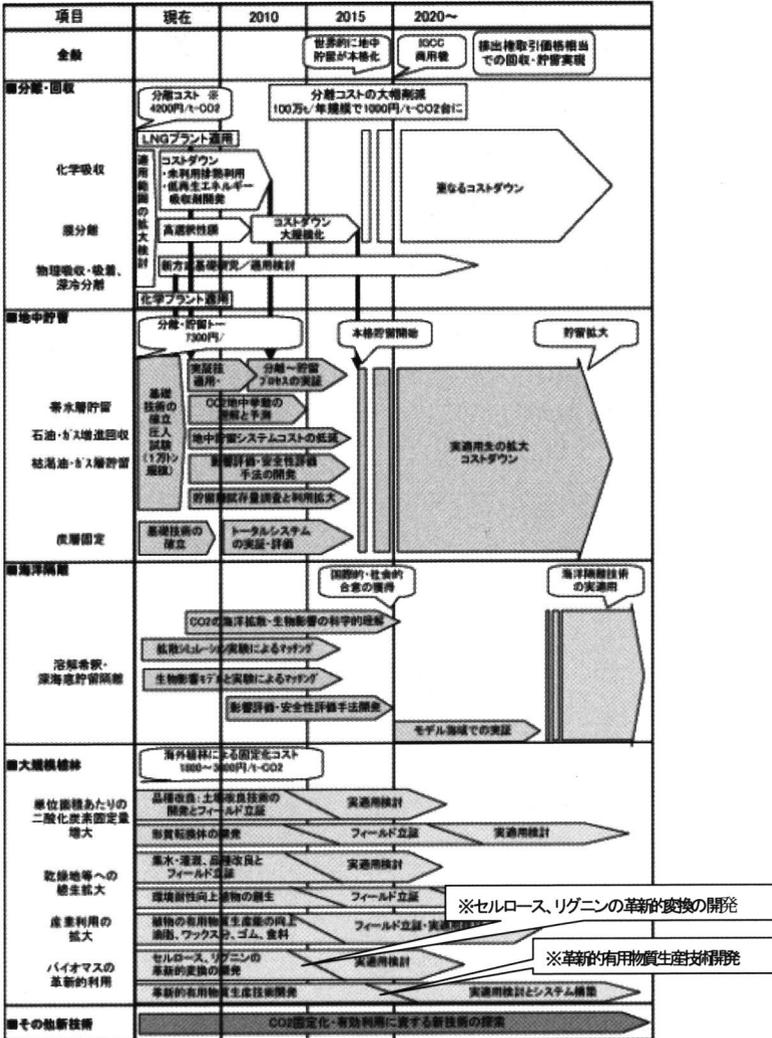
第二に、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）が示した「CO<sub>2</sub>固定化（回収・貯留）技術は温暖化緩和策のオプションとして期待されており、京都議定書目標達成計画においても、中長期的な視点から技術開発を支援することが必要である」という見方である（「二酸化炭素回収・貯留特別報告書」）。「CO<sub>2</sub>固定化・有効利用技術」は国際的な環境技術政策においても重要性が高い分野である。

このような背景から、あくまで中長期的な観点に立ち、CO<sub>2</sub>固定化・有効利用技術の技術開発を推進する技術戦略マップが作成されている。特に、この分野における重要技術を「削減ポテンシャル」と「コスト」両面から検討し、選定している。削減ポテンシャルとは、当該の技術を適用することによって大気中二酸化炭素の削減が可能な潜在的能力をいう。コスト面は、現状での概算コストや技術レベルを踏まえ、二〇三〇年までに技術が確立し、コストが二〇〇〇から六〇〇〇円/トCO<sub>2</sub>程度まで到達可能なものを評価する。この基準に基づいて選定された重要技術は(1)分離・回収技術、具体的には化学吸収法、物理吸収法、膜分離法など、(2)地中貯留技術、具体的には、帯水層貯留、炭層固定、EOR、枯渇油・ガス層貯留など、(3)海洋隔離、そして、(4)大規模植林による地上隔離である。バイオマスは「大規模植林による地上隔離」の中で扱われている。

大規模植林は、「二酸化炭素の大規模削減に寄与し得る、見通しのある技術」として位置づけられ、その課題とし



CO2固定化・有効利用分野のロードマップ



※分離回収 新設石炭火力(830MW)、回収量:100万t-CO2/年、7MPaまでの昇圧含む、蒸気は発電所の蒸気システムから取  
 ※海中貯留 上記分離回収コスト+パイプ  
 ※植林 植林期間7年伐採+新芽再植林、バイオマス生産量20m3/ha・年、植林管理費17-31%、用地リース費:50%/ha・年

図2 CO2固定化・有効利用分野のロードマップ(全体) 経済産業省(2006)

開発の重点期間が終了し、二〇二〇年代中頃までに実用の検討が行われるものとされている。

### 三・二 3 R分野（環境エネルギー分野）

この分野における目標は、従来の大量生産・大量消費・大量廃棄型の経済社会を改め、環境と経済が統合された循環型経済社会システムの構築を目指し、二〇一〇年度までに最終処分量を産業廃棄物、一般廃棄物ともに一九九七年度比で半減、再生利用率を産業廃棄物で四七％、一般廃棄物で二四％にすること、さらに、資源生産性（GDP/天然資源等投入量）を約三九万円/トンに増加すること等である。循環型経済社会システムの構築には、更なる最終処分量の削減、資源の有効利用などを実現するための社会的・技術的な課題が数多く残されている。

最終処分量の削減、資源の有効利用に関する3 R関連技術について、二〇一〇年度までのスパンで施策目標の実現を目指し、今後三〇年程度を見据えた技術戦略マップが作成されている。

3 R分野の技術マップ（図3）では、その他の主要3 R技術において、廃プラスチックの原料化技術として、バイオマス系新素材プラスチック（植物由来プラスチック、リグノフェノールプラスチック）にリグノフェノールが位置づけられている。具体的には、植物由来プラスチックのサイクル技術（マテリアルサイクル技術）、リグノフェノールプラスチックのリサイクル技術、リグノフェノールプラスチックの分離・分別技術などが例示されている。

さらに、バイオマスのマテリアル利用技術として、木質系バイオマスにおけるリグノフェノールの用途技術が示されている。

ロードマップ（図4）では、廃プラスチックの原料化技術として挙げられているリグノフェノールプラスチックのリサイクル技術が中期的な視野で、二〇二〇年までを重点期間、二〇三〇年までをフォロー期間としている。同じよ



3R分野の全体ロードマップ

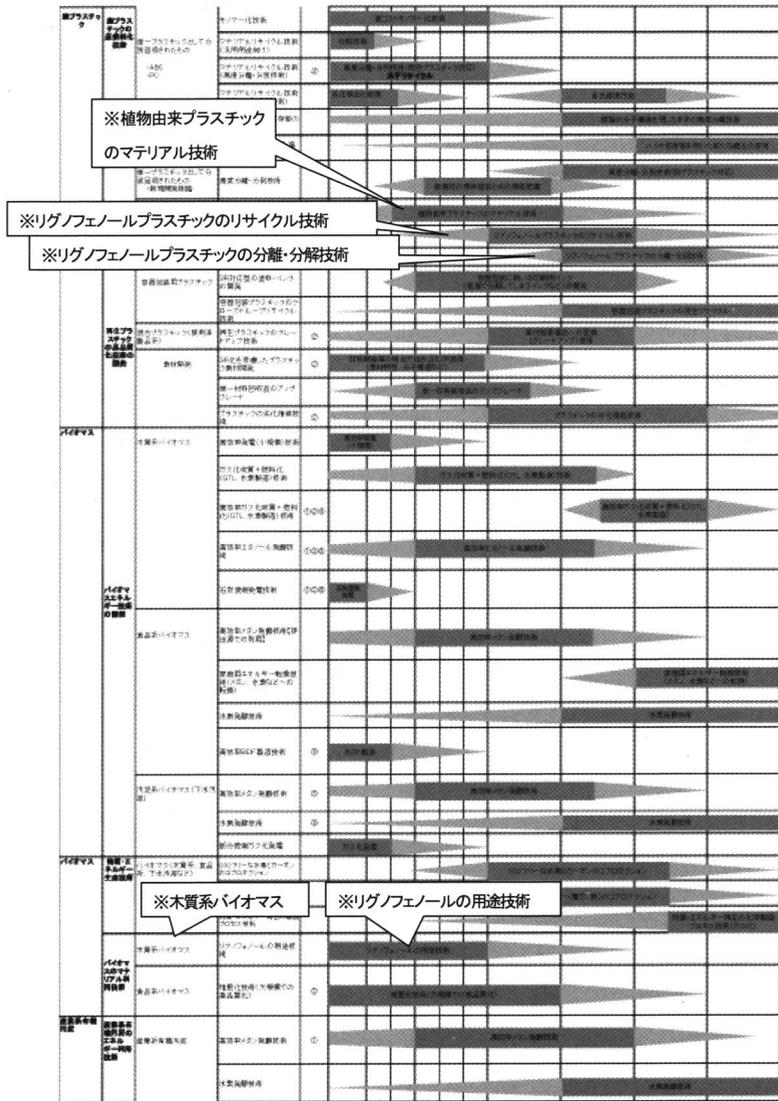


図4 3R分野のロードマップ(部分) 経済産業省(2006)

うに、リグノフェノールプラスチックの分離・分別技術を二〇一五年から二〇二五年までを重点期間、二〇三〇年までをフォロワー期間として位置づけている。

さらに、バイオマスのマテリアル利用技術として、木質系バイオマスにおけるリグノフェノールの用途技術は二〇一〇年までを重点期間として位置づけ、二〇二〇年までをフォロワー期間としている。

### 三・三 エネルギー分野（環境エネルギー分野）

エネルギー分野の技術戦略マップは、二一〇〇年までを範囲に入れた長期的視野から、地球的規模で将来顕在化することが懸念される資源制約、環境制約を乗り越えるために求められる技術の姿を逆算（バックキャスト）することによって策定されている。

将来の制約条件を仮定し、エネルギー構成のケーススタディから民生、運輸、産業、転換の各分野が策定されている。

ここでは、バイオマスが強く関連する「転換分野」に注目して概観する。転換分野では、エネルギー需要を満たしながら、エネルギー効率化と二酸化炭素排出原単位改善を目標とすることから、技術開発には以下の三点が求められるとしている。

- 1) 化石資源利用の効率的利用…石油ピークに備えて天然ガスへの燃料転換、資源量が比較的豊富な石炭への燃料転換を行う。しかし、化石資源はいずれも有限であり、発電（転換）効率向上など化石資源利用の高効率化が重要である。ガス化発電（燃料製造）技術、燃料電池と複合した高効率発電技術が必要であると同時に、利用によって二酸化炭素排出が伴うため、二酸化炭素回収・隔離（CCS）技術の洗練が必須となる。

(2) 原子力利用技術・核燃料資源の有効利用が必要となり、現状の軽水炉の効率向上とともに、核燃料サイクルの確立が必須となる。

(3) 再生可能エネルギー利用技術・太陽、地熱、風力、バイオマスなどの再生可能エネルギーによる発電（転換）効率向上が重要。太陽や風力などの設備利用率は低く、大きな設備容量を必要とするため、設置を容易にする技術も必要。また、自然エネルギーは気象条件等に左右され、需要と供給の双方が変動するため、大規模な蓄エネルギー技術や系統制御（エネルギーマネジメント）などのネットワークシステム技術の確立が必須となる。

また、転換分野の中でバイオマスの項目について、以下の点が指摘されている。

- ・ 木質系バイオマス等で現在実用化されている直接燃焼による電力・熱の製造から、ガス化、ガス化改質による電力、気体・液体燃料の製造に移行する。
- ・ 高含水系バイオマス利用では、メタン発酵が技術的には実用化され、コジェネ等に利用されている。
- ・ 産業分野でも利用するため、資源量確保のためのバイオマス利用の高効率化および収集・運搬技術が課題となる。
- ・ 将来的には直接水素製造が考えられるが、製造効率の向上が必要である。

特に、リグニンについては「超長期エネルギー技術ビジョンロードマップ用語解説」の中で扱われ、長期的なスパンで捉えられている。

### 三・四 グリーンバイオ分野（製造産業分野）

この分野における目標は、バイオテクノロジーを活用した持続可能な経済発展である。国民ニーズとして、二酸化炭素排出削減や廃棄物・有害物質の削減、環境中有害物質の除去などといった、バイオテクノロジーを活用した環境





エーズに、効率的ハードバイオマス生産の可能な樹木の創成（低リグニン樹木）が日本の競争力が低い点として記述されている。

ロードマップ（図7）について見てみると、生物機能を活用した物質生産（物質生産技術）において、微生物を活用した物質生産の「バイオリファイナリーと国内での原材料確保」という項目でリグニンの有効利用が二〇一二年あたりをめどに実現されることが示されている。それをもって、国内新資源、国内バイオマスの開発が可能となり、二〇二〇年頃にバイオマスからの化学品生産（バイオリファイナリー）創出技術の実用化が達成されるという見通しである。

#### 四 バイオマス資源のカスケード利用の実態報告

木質、草本を問わず植物資源には実に多様な成分が含まれている。木質系については材木として利用するだけでなく、それらの成分を段階的に利用することで工業的な利用に止まらずソフト的な利用が可能になる（図8）。

長野県のコモンズ創設資金の助成を受けて実施した研究、及び従来からの研究活動の成果を総合して考察した結果、分子レベルで見た森林資源（草木を含む）には、次の三通りの観点から最適な採取方法、活用方法を検討する必要があるとの結論を得た。

- (1) 葉、枝、表皮を経て根に至る光合成に関わるポリフェノール等を活性物質として有する部分
- (2) 植物が体を守るため、芳香や抗菌性を有する人体で例えばリンパ液のような役割を果たしている部分（多くは水蒸気蒸留で精油として採取されている）
- (3) 植物の骨格を形成するリグニン、セルロース、ヘミセルロース

# 自然資源のカスケード利用の実践

## 木材のカスケード利用

## 草木のカスケード利用

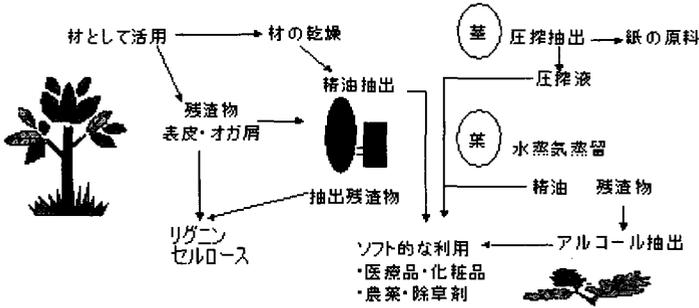


図8 自然資源のカスケード利用

長野県の朝日村において、木材と幾つかの雑草を研究対象とし、主に(1)と(2)について検討し、幾つかのデータを得ることができた。(1)の光合成に関するポリフェノール等の活性物質については、木材及び雑草の抽出物に、繊維芽細胞に働きかけてコラーゲン産生能力を有するという結果を得ることができた。

また抽出される多糖質の活用としては、カラマツのアラビノガラクターン、熊笹が保湿成分を有しており、これらを活用した化粧品素材としての製品開発も試みている。

### 四・一 (2)の精油成分の活用について

従来の精油抽出方法とは異なる減圧・加圧方式を実施してみた。精油の香り成分は平均六〇℃程度までで揮発し、逆に抗菌性成分が抽出できる温度は高温帯であることから、香り成分と抗菌性成分の両方を同時に抽出することは難しかった。その両方の成分を抽出するには、加圧・減圧を繰り返すか、又は加圧によって沸点を下げる必要があることが分かってきた。

今後の課題は、名古屋工業大学等の協力を得て、超臨界での精油抽出(七〇気圧、三七℃沸点、溶媒として二酸化炭素使用)を

実施し、超臨界状態での精油成分を分析。株式会社北秋より譲り受けた加圧式蒸留装置を、標高一〇〇〇mの地点に設置し、そこで得られた精油成分と超臨界で得られた成分との比較を行う予定である。

この精油はプラスチックの可塑剤として利用すると、精油の有する芳香、抗菌性をプラスチックに付与することが可能となる。さらに、混練するときの精油の濃度が5%未満であると粘弾性が高まり、それ以上添加すると可塑剤として機能するという特性を有している。この特性を生かして現在、緩やかな抗菌性を有する歯科素材を開発中であり、そのためにも抗菌性がある精油を抽出することが課題となっている。

草木等の有する香り成分には、その他、睡眠導入作用、安眠効果、精神安定、疲労回復効果等が認められている。

さらに、森林の地形や自然を利用した医療、リハビリテーション、カウンセリングなどを森林療法として活用する「森林セラピー研究会」が平成一六年に設立されている。実際に森林環境が免疫力を高める（森林浴後のNK細胞の活性化）ことが証明され、森林浴、森林レクリエーションを通じた健康回復・維持・増進活動が提唱されている。

#### 四・二 (3) のリグニン、セルロース等の利用について

セルロースは昔から紙の原料として利用されてきた。木質チップから繊維成分であるセルロースを抽出するには、蒸解釜にチップを薬品と混合して入れ、高温・高熱で長時間煮る必要がある。日本の製紙メーカーの多くは、クラフト法という苛性ソーダや硫化ソーダなどのアルカリを溶媒として使用してきた。

セルロースを抽出した後の廃液（黒液）には、リグニンなどの有効成分が残っているが、クラフト法では分離するのが難しく、黒液から苛性ソーダなどの溶液を回収後は、燃焼してエネルギーとして再利用している。

王子製紙ではパルプ工場のエネルギーの三分の一を黒液の再利用でまかなっている。黒液に含まれるリグニンの新

たな用途の開発に対する意識をヒアリングしたところ、現在のところは考えていないという回答であった。その理由として、黒液を燃料として再利用するというサイクルが工場の中で完結しており、リグニンの抽出にかかるエネルギーと技術開発にかかるコスト、そこから得られる費用対効果を考え合わせると、現在のところは燃料としての再利用が重油の削減にも貢献する最も理にかなった方法だということが挙げられた。王子製紙では割り箸や古紙、廢材を回収してチップ化し、リサイクルしている他、さらにユーカリ等の葉からの精油抽出と資源のデータベース化などを行っている。ただし、これらはいずれも大企業が事業として行うには小規模な利益しか予測できないものであり、王子製紙にとっては社会貢献の意味合いが強い。商品化されていない資源も多いという。

王子製紙の場合、確かに効率性という点から見るとリサイクルの環は完結しており、「今後の課題が廢液の燃焼性をあげること」というのは企業経営の観点からは当然と理解できる。しかし、木材組成の二〇%～二五%をリグニンが占め、セルロースは四五%～五〇%、ヘミセルロースは二〇%～二五%を占めていることを考えると、リグニンや多糖質が容易に分離できる工程をつくるのが、今後カスケード利用を推進する視点からも重要と思われる。

#### 四・三 リグニンスルホン酸からの製品開発

日本製紙株式会社（以下、日本製紙）とノルウェーのボレガード (Borregaard) 社では、蒸解の溶媒として亜硫酸カルシウム塩、(またはマグネシウム塩) を用い高温・高圧で煮ること、セルロースをパルプとして分離し、木材中のリグニンはスルホン化してリグニンスルホン酸となつて溶出する。これを濃縮して精製、分離、製品化している。

日本製紙はオーストラリアで育成したラジアータパインを、ボレガード社はヨーロッパウヒなど針葉樹をチップ

化して活用している。副生されるリグニンスルホン酸は約五〇%がコンクリート用分散剤として液体のまま利用されている。

昨年の愛知地球博に北欧五カ国のブースで出展したボルガード社では、特殊セルロース、リグニン加工製品、バニリン、バイオ・エタノール、イースト製品を展示し、『木材から、これほど価値ある製品をこれほど多く生み出しているのは、一〇〇年間技術を積み上げた同社だけ』と謳っている。

一方、日本製紙の子会社である日本製紙ケミカル株式会社では、バニリンの製造については二〇年ほど前に合成バナラ香料ができたことから現在では中止している。しかし、リグニンスルホン酸の特性である粘結性、分散性、キレート性、乳化安定性を生かした製品開発が行われている。主な用途としては、モルタル・コンクリートの混和剤、肥料の造粒剤、化繊用染料の分散剤などである。面白いところでは菌糸活性剤栽培培きのこの収量が増えるという。

粘結性と分散性という、相反する特質があるのは、リグニンの特性に由来している。リグニンの構成単位は、芳香環という最も変化しにくい炭素の塊に、水酸基、メトキシル基など反応しやすい置換基を有するプロピルベンゼン誘導体であることだ。水酸基が結合すれば粘着性、スルホン化すると結合が外れて分散性の機能を有することになる。金属とも結合し易いのでキレート性が高く、油の周りに付着すれば乳化安定性に繋がることになる。

#### 四・四 リグノフェノールの開発

このようにリグニンをスルホン化して可溶性にし、溶出させる方法は実用化され幾つもの製品を生み出してきたのだが、その製造工程は複雑であり、エネルギーもかなり必要であるという難点を有していた。

最近注目を浴びているのが、植物体中の他の成分を分解除去してリグニンを不溶性残留物として残す方法である。

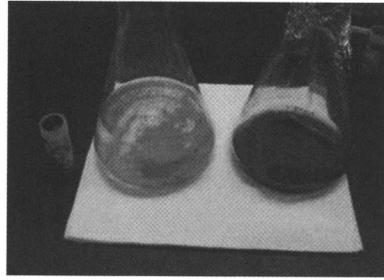
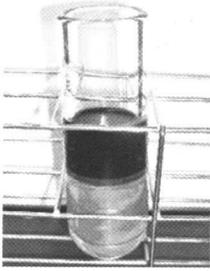


写真2 左は二層に分離した状態、その上層（右溶液）を精製して不溶化したリグニン（左溶液）。小ピンは粉末リグニン

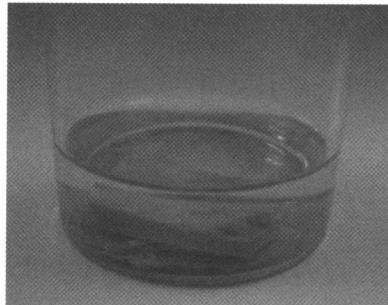


写真3 リグバル（左）、アルコールで溶融するリグバル（右）

三重大学船岡正光教授のリグノセルロース系複合体の研究がすでに実用化レベルに達している。フェノール系溶媒であるクレゾールで木の粉末を包み、硫酸を加えて攪拌する。暫くするとセルロース（多糖類）は酸で加水分解されバラバラの単糖類（水に溶ける）になって酸に溶け出す。不溶性リグニンはフェノール系溶媒に残り上層へ、溶け出した炭水化物は下層へと相分離を起こす（写真2）。これを精製して粉末化している。

リグノフェノールの優れた特質は、分子設計が容易なこと（1量体、2量体と分子を繋げたり、外したりできる）、さらにその形成体である『リグバル』は、アルコール溶媒に漬けると溶出して、再びリグノフェノールと繊維質に分離する。そのため何度でも再利用が可能である（写真3）。す

でに、トヨタ自動車では成長の早いケナフとリグノフェノールを利用した車両内装材の開発を検討している。しかし、規模の利益を追求する大手企業では、日本の再生可能資源を使用するというインセンティブには直ぐには繋がらないようである。

現在、リグノフェノール製造工程において、他の有用成分であるポリフェノールや精油成分を除去してしまっていることも問題であろう。カスケード利用を促進するならば、製造プラントの前処理として、精油等を抽出する装置の設置が望まれる。また、亜臨界状態（三〇気圧）で、触媒を使用すればリグニンと精油が共に抽出可能であることが分かってきた。一本の木とは言え、ひとつの生命を奪うのであるから、できるだけ無駄のない利用を心がけたいものである。

最近、ポリフェノールの抗酸化作用に基づく抗動脈硬化作用や抗菌作用が注目されている。松かさ由来のリグニンはタンニンやフラボノイドよりも強い抗エイズウイルス（HIV）活性を示している。ゴマリグニンやカカオリゲニンを利用した健康食品も開発されるなど新たなリグニンの用途開発への可能性も見えている。

このようにバイオマス資源をより高付加価値で商品化するためには、工業用利用に止まらず、ソフト的な利用の検討が必要と思われる。

石油や石炭などの化石燃料は、地球が太陽から降り注ぐエネルギーを何億年もかけて蓄積したものであるが、我々はその膨大なエネルギーをわずか数千年で使いきろうとしている。また光化学スモッグ・温室効果・酸性雨など大気汚染も化石燃料を燃やすことが原因となっている。エネルギーの消費を抑え、効率よく利用する努力と同時に化石燃料に代わるエネルギー源の確保をしなければならない。そこで注目されるのがクリーンなエネルギー資源としての植

物などバイオマス資源の有効利用である。

しかし、NEEDOが指摘するように、廃棄物系、未利用バイオマス資源は、点在しており収集に膨大なコストやエネルギーが掛かる。単にエネルギーとして燃やすだけでは到底市場コストには見合わない。さらに二酸化炭素の固定化という観点からも意味をなさない。コスト的にも化石燃料に対抗できないことが導入・普及のネックとなっていた。そこで、いわゆるカスケード利用で高付加価値な再資源化をし、地場産業の産業クラスター（ぶどうの房のように関連産業を集めること）を形成し、規模の利益から適正規模の集積の利益、トータルコストで考えることにより、ようやく経済原理に見合う仕組み作りが可能になると思われる。さらに発想を転換して、次に紹介するような地域経済からの再生（新たなコモンズの創生）を図るべき時が来たのではないだろうか。

## 五 社会学的な取り組みの紹介

新たなコモンズの仕組みづくりとしてのNPOの活用、都市農村交流、地域通貨などを紹介したい。スローライフ、スローフード、ロハスという言葉が流行している。いずれも市場経済とは異なる循環型社会・経済システムを地域から構築することを目的としている。

### 五・一 エココミュニティの形成

二〇世紀は「経済の世紀」であったと言えると思うが、二一世紀は「環境の世紀」ではないかと思う。図のように、二一世紀は経済（エコノミー）もエコロジーの思想をベースに、再生資源の活用やリサイクル、製造時から廃棄のことを考慮するLCA（ライフサイクル・アセスメント）の導入など、その生産システムを変えていく必要があると思

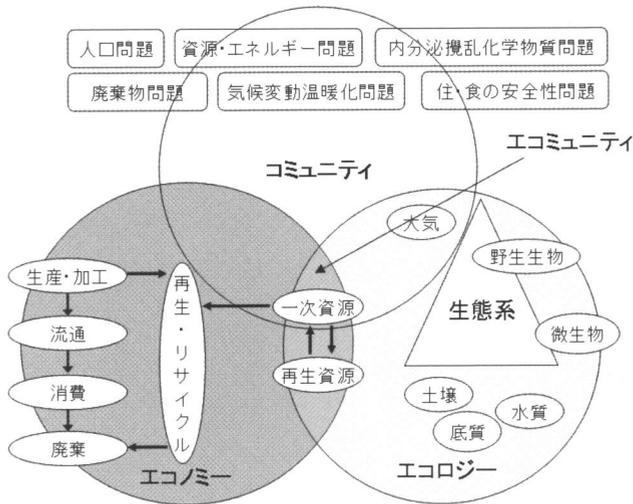


図9 エココミュニティの概念

う。サービスの分野でも地域のニーズを汲み上げるようなコミュニティ・ビジネスやスモール・ビジネスが盛んになることが必要である。そして、このように構造を変えたエコノミーとエコロジー、コミュニティの環が合わさった処に、二一世紀の理想的な地域社会である「エココミュニティ」が構築されると考えている。それが新たな commons の創生にも繋がる筈である(図9)。

#### 五・二 一橋大学の事例

JR谷保駅の近くに一橋大学まちづくり授業の学生たち(6)が「ここのたの」というカフェを営業している(写真4)。

そこで販売している渋柿ドレッシングは、長野県朝日村で最大の未利用資源であった渋柿を利用して製品化したものである。



写真4 カフェ「ここのたの」

労働力の不足は「もったいない」と思う人々のボランティアに支えられている。毎年、収穫の時期になると周辺市町村の人々や一橋の学生たちが手伝い、お礼に製品が出来たら引き換える「柿マネー」を貰っている。渋柿は村の特産品になったのみならず、村の景観の維持や猿害を防ぐ効果をもたらした。

それが契機となつて、カフェの内装に使用しているカラマツの間伐材も村から提供された。木材の切り出し、製材、節埋め、内装に至るまですべての工程に、学生たちも村や商店街の人々と一緒に参加し、ものづくりの現場体験をしている。木材の利用は緑の少ないまちの景観に潤いを与え、和みの空間を演出し、商店街の活性化にも役立つている（写真5）。

二一世紀のものづくりで重要なことは、環境の視点と生活者の視点、伝統的な昔ながらの知恵を如何にもものづくりに生かしていけるかではないだろうか。大学には知識が集積しているが、知恵は高齢者や主婦などが持っている。生活者の知恵、大学の知識、企業の技術を併せたものづくりの一環として産業廃棄物、未利用資源からの製品開発をライフワークとして一〇年ほど実施してきた。現在はリグニン、精油、ポリフェノールなどを活用した基礎化粧品の商品化に取り組んでいる（図10）。特に天然リグニンの低分子が浸透性を高め、シワやシミが目立たなくなるなどの効果として現われている。背骨で体を支える哺乳類と異なり草木はリグニンが細胞と細胞を接着して体を支えている。その効果ではないかと推定している。

そのような体験を通して「自然資源のカスケード（段階的）利用」を提案するようになった。カスケードとは簡単に言えば、例えばひのきを材として利用するだけでなく、木から成分を取り出して利用、さらに残渣をバイオマス発電などで利用するなど、廃棄物を出さずに有効活用する方法である。そのためには産業クラスター、いわばぶどうの房のように企業や人材が集積することが必要と感している。

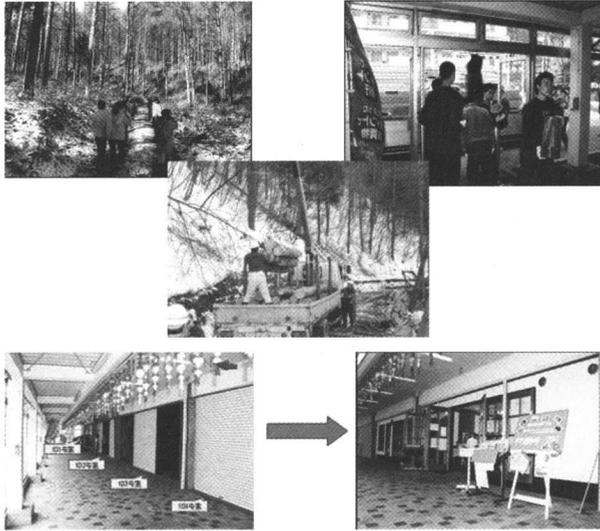


写真5 カラマツ間伐材の活用

## エココミュニティの形成

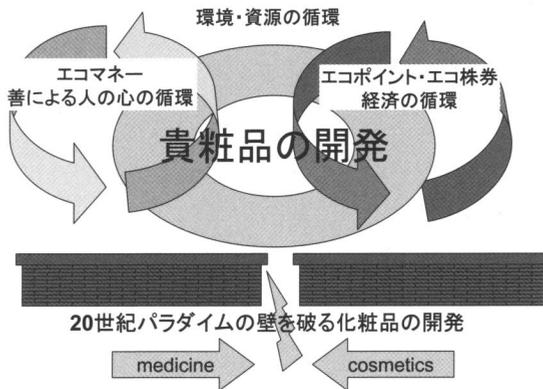


図10 貴(木)粧品開発の社会的命題

## インキュベーション・ラボガーデン概念図

(研究施設併設型クラインガルデン&コテージ&古民家)

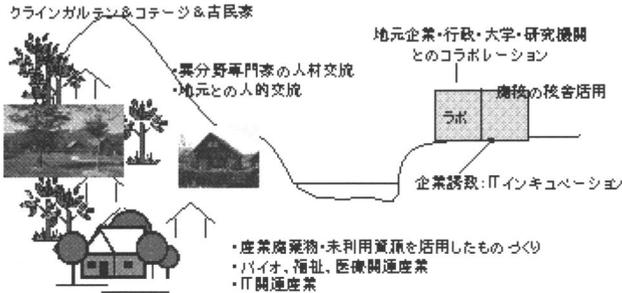


図 11 インキュベーション・ラボガーデン概念

### 五・三 インキュベーション・ラボガーデンの提案

また、上述した研究開発を今後継続的に実施していくためには工学系、農学系、医学系、マーケティングなど多様な分野の専門家の協力体制が必要となっている。そこで定年間近の団塊の世代を中心に、村の豊かな自然環境の中で晴耕雨読をしながら、企業や大学などで培った知識や技術を生かし、環境保全型の新しいものづくりに挑戦する研究施設とクラインガルデンを併設した「ラボ・ガーデン」構想を提唱している(図11)。

現在、齒科材料を研究しているのは農工大や東工大の名誉教授の方々である。市場経済の費用対効果の面から見ると、大手企業の参入が難しい研究テーマである。しかし、ご自身の入れ歯を使い易くしたいという思いが研究の動機付けとなっている。二一世紀の研究開発は経済活動がすべてのインセンティブになるのではなく、生活者や利用者の視点に立った『ものづくり』や『サービス』でなければ真の人類の福祉には繋がらないだろう。そのためにも市場経済一辺倒でない新たなコモنزの創生が必要であると思っている。

## 五・四 まとめ

以上を踏まえ、木質系バイオマスの積極的な活用を行うために重要な視点として、以下の二点を提言する。

- (1) 森林資源（木質系バイオマス資源）のカスケード（段階的）利用に関する技術開発の促進
- (2) 新たなコモンスの仕組みづくりと森林のコミュニティレベルでの利用の復活

第一に、バイオマスを資源として活用していくためにはその採算性が課題であり、その克服に有効な方法としてカスケード利用が提案され、政策的にも推進されている。今後、何よりも一層の市場化段階へ向けた研究開発を推進していく必要があるだろう。しかし、多くの企業にとつては不確実性の高い研究開発に乗り出すことはリスクが高く、そこから見込まれる利益も大企業からすれば決して大きなものではないため、産業界は新たな技術開発に積極的であるとはいえない。

経済財政運営と構造改革に関する基本方針が指摘するように、地方が多様な資源を生かした地域産業（産業クラスター）を形成し、循環型の社会・経済システムを構築していく必要がある。

そこで、バイオマスの産出源となる山野からバイオマスを社会制度としてどのように効果的・効率的にバイオマスのライフサイクルに載せていくことができるか、という側面が重要になる。第二に、新たなコモンスの仕組みづくりとして、山野資源の所有者と利用者の新たな構築（入会制度の再定義）と森林のコミュニティレベルでの利用の復活を提案したい。この指摘には二つの意義がある。一つは、バイオマスのカスケード利用技術が確立し、市場原理でバイオマスの市場化ライフサイクルが構築された際には、企業などによる山野資源の過度利用の可能性が危惧される。その危険性を避けるため、持続的な自然資源の活用を実現させてきた入会制度のような制度を整備する必要がある。

ある。二つ目には、第一に指摘した研究開発の過渡期においてもバイオマスの資源利用を推進していく必要がある。その意味でも、採算性とは別の問題で、社会・経済的な価値を生み出していく必要がある。その可能性として入会制度の再定義、NPOの活用、都市農村交流、地域通貨、コミュニティ・ビジネス等の視点を取り入れることが有望であると考える。

以上の二つの側面から、森林資源の新たな社会的・経済的位置づけ『緑の社会資本』としての合意形成が求められる。

## 謝辞

本稿を作成するにあたって、王子製紙株式会社および日本製紙ケミカル株式会社、三重大学船岡正光教授へのヒアリングを行った。ヒアリング、資料提供、資料サンプル提供に快く応じてくださった皆様に深く感謝する。また、技術戦略マップに関する資料整理については知識環境研究会の神山資将さんの協力を得た。この場を借りて謝意を表したい。

## 註

(1) 日本の農村では、農業や日常生活に必要な物資を提供する地域資源（山林原野）を、入会という慣習によって、共同利用管理を行ってきた。「入会」とは、一定の地域の住民が、一定の山林原野を共同で使用し、そこから収益を得ていくことを認

めた、日本古くからの慣習である。入会制度は、地域の自然資源を過度の利用による枯渇から守り、資源を持続的に活用していくことができるように、地域住民の抑制的な利用・管理を実現させる手段となってきた。

原(二〇〇二)によると、このような地域の自然資源を共有していく原始的な経済行為は、日本のみならず、諸外国で見出される。日本は明治時代に西欧諸国の近代的な所有権制度の導入・確立という国家的な命題を抱えていた。そのため、封建時代以来の旧慣習である入会制度を西欧諸国の近代的法制度と調和させていくことが必要となっていた。そこで、日本政府はドイツの制度を参考とし、入会制度を近代所有権制度の中で再定義していった。

- (2) 二〇〇六年に改定されたバイオマス・ニッポン総合戦略によれば、廃棄物系バイオマスの年間賦存量は湿潤重量で約三二七〇〇万トン、乾燥重量で約七六〇〇万トンが見込まれる。エネルギー換算で約一二七〇PJ(原油換算約三二八〇万キロリットル)、炭素量換算約三〇五〇万トンに相当する。これは、日本で生産されているプラスチックに含まれている全炭素量の約三倍に相当する。これとは別に、現状で未利用となっている農作物非食用部、林地残材などの未利用バイオマスは、「生産・排出者側の努力も含めた効率的な収集システムの確立、川上から川下までの一貫した林業コスト全般の縮減を図るシステムの導入等による生産・流通・加工のコストダウン、製品・エネルギー利用の拡大を目指した取り組の強化や電力需要の創出、さらには新たな技術を活用したビジネスモデルの導入等」を通じて、活用を促進させる必要があると述べている。未利用バイオマスの年間賦存量は、湿潤重量で約一七〇〇万トン、乾燥重量で約一五〇〇万トンが見込まれている。エネルギー換算約二六〇PJ(原油換算で約六六〇万キロリットル)、炭素量換算約六四〇万トンに相当するとされる。

- (3) 日本の科学技術システム(ここでは科学技術の研究開発の制度的装置(手段)をいう)は主に中央政府によって担われており、公的研究開発資金は政府から研究機関へ直接配分されることが多く、資金配分機関を介した配分比率は比較的小さい。例えば、農林水産省の研究開発資金の九一%、経済産業省は六八%が本省によって配分されている(二〇〇二年度)。このような特徴から日本の科学技術システムはOECD(二〇〇三)によって提案された科学技術システムの三類型(中央集権型、二元型、分散型)の「中央集権型」に該当すると考えられてきた。しかし一九九五年に成立した科学技術基本法は、日本の科学技術システムを新しいシステムへと転換させることになった。同法は、国の科学技術政策の目標を、総合科学技術

会議（科学技術会議の改組）が五年ごとに科学技術基本計画を審議・策定し、その中で定めていくことになった。各省はこの基本計画に基づき個別政策領域の研究開発資金の配分を行うことになる。いわば、科学技術システムの戦略性の向上が図られ、国の研究開発投資が重点的かつ一貫性を持ったかたちで推進されるとともに、資金配分機関の活用や競争的資金の拡充などが図られている。

(4) 技術戦略マップの策定は、策定する分野ごとに外部機関（NEDO、ソフトウェア分野についてはIPA、CO2固定化・有効利用分野についてはRITEなど）にタスクフォースを設置し行われた。タスクフォースには、大学、民間企業（製品、部品、材料、装置メーカーなど）、経済産業省（原局原課および産業技術環境局）、NEDO、産総研などから産官学の有識者が参加している。

二〇〇五年度に策定された技術戦略マップ二〇〇五では二〇分野、具体的には(1)情報通信分野（「半導体」「ストレージ・不揮発性メモリ」「コンピュータ」「ネットワーク」「ユーザビリティ（ディスプレイ等）」「ソフトウェア」の六分野）、(2)ライフサイエンス分野（「創薬・診断」「診断・治療機器」「再生医療」の三分野）、(3)環境・エネルギー分野（「CO2固定化・有効利用」「脱フロン対策」「化学物質総合管理」「3R」の四分野）、(4)製造産業分野（「ロボット」「航空機」「宇宙」「ナノテク」）「部材」「MEMS」「グリーンバイオ」の七分野）がそれぞれ策定された。

技術戦略マップ二〇〇六においては二四分野、具体的には(1)情報通信分野（「半導体」「ストレージ・不揮発性メモリ」「コンピュータ」「ネットワーク」「ユーザビリティ（ディスプレイ等）」「ソフトウェア」の六分野）、(2)ライフサイエンス分野（「創薬・診断」「診断・治療機器」「再生医療」「ガン対策等に資する技術」の四分野）、(3)環境・エネルギー分野（「CO2固定化・有効利用」「脱フロン対策」「化学物質総合評価管理」「3R」「エネルギー」の五分野）、(4)製造産業分野（「ロボット」「航空機」「宇宙」「ナノテク」）「部材」「MEMS」「グリーンバイオ」「超電導」「人間生活」の九分野）について策定された。

本稿では技術戦略マップの一部を図1〜7として紹介している。その際、原稿の活字が小さいため、必要などころは「※」を付けて補った。

- (5) リグニンは樹木成分の一つであり、これを原料としてまたはエネルギー源として有効利用されることが期待されている。
- (6) 二〇〇一年より実施している授業。学生たちが直接まちに出て、自ら課題を見つけて挑戦することにより、他者との合意形成の仕方、コミュニケーションの取り方、多様な人々との協同の仕方などを学び、市民的公共性を育てることを目的にしている。文部科学省より平成一六年度「特色ある大学教育支援プログラム」(特色GP)に選定されている。

## 参考文献

- 宇沢弘文編著(一九九四)「社会的共通資本…コモンズと都市」、東京大学出版会
- 今田博国、藪田雅弘、井田貴志(一九九五)「コモンズと環境政策の課題」、『計画行政』18(4) p. 58-67
- 植田和弘(一九九六)「環境経済学」、岩波書店
- 加藤峰夫、倉澤資成(一九九六)「環境保全的観点からの入会制度の評価と再構成…自然環境を集団の財産として管理する法技術としての、新たな「入会」制度の再構成は可能か?」、『エコノミア』第四六巻第四号
- 鬼頭秀一(一九九六)「自然保護を問い直す…環境倫理とネットワーク」、ちくま新書
- 原浩(二〇〇二)「地域資源の共同利用と住民自治」、『地域政策研究』(高崎経済大学地域政策学会)第四巻第四号(二〇〇二年三月) pp. 77-pp. 81
- 古藤田香代子(二〇〇二)「Bridges 17」、『挑戦—環境の世紀のエココミュニティづくり』
- 古藤田香代子(二〇〇四)「21世紀エココミュニティのものづくり・街づくり」、『森林技術』
- 政策科学研究所(二〇〇四)「資金配分機構の国際的比較分析とその在り方 調査研究報告書」、平成一五年度科学技術振興調整費調査研究報告書

経済産業省（二〇〇四）「新産業創出戦略」  
経済産業省（二〇〇五）「産業技術政策―技術革新による強靱な経済発展基盤の構築に向けて」  
経済産業省（二〇〇五）「技術戦略マップ二〇〇五（平成一七年四月）」  
経済産業省、文部科学省、農林水産省、国土交通省、環境省（二〇〇六）「バイオマス・ニッポン総合戦略（平成一八年三月）」  
内閣府総合科学技術会議（二〇〇六）「科学技術基本計画」  
経済産業省（二〇〇六）「技術戦略マップ二〇〇六（平成一八年四月）」  
NEDO（二〇〇六）「バイオマスのカスケード利用に関する調査」に係る委託先の公募について」([http://www.NEDO.go.jp/informations/koubou/18920\\_2/18920\\_2.html](http://www.NEDO.go.jp/informations/koubou/18920_2/18920_2.html)、平成一八年九月二〇日)

#### 参考資料

#### 二〇〇五年、日本古紙ネットワークが実施したアンケート調査より抜粋

日本製紙に関しては、回答がないが、七割が輸入（オーストラリアのラジアータパイン）、三割が国内広葉樹を使用している。

【問一】貴社は製紙原料バルブに国産材チップを使用していますか

これに対して、五社が輸入木チップと国産材チップを両方使用しているとの回答をしている。

王子製紙(株)	70%	輸入チップ	30%	国内チップ
日本製紙(株)	割合回答無し	割合回答無し	割合回答無し	
日本大昭和板紙(株)	70%		30% (注1)	
北越製紙(株)	93%		7% (注2)	
三菱製紙(株)	75%		25%	

注1…間伐材を使用し、飲料容器(カートカン)を製造(日本大昭和板紙)

注2…国産チップは福島県、山形県の里山材(北越製紙)

※ レンゴー(株) に関しては、「当社はチップからパルプを作る製造設備をもっておらず、従ってチップの購入はありません。パルプは外部からの購入でまかっています。」との回答があり、今回の回答のまとめから外した。

【問二】国産材チップを使用できない理由

この質問に対して、王子製紙は「現在、針葉樹チップに関しては国内材がメイン。その主体は製材廃材と家屋解体材が大半であり、量的にも拡大している。広葉樹については資源的な制約もあり、比率的に小さく、量的にも漸減している」と回答した。

【問三】今後、貴社が国産材チップの使用を増やすための条件

王子製紙(株)	<p>間伐材の利用促進についてはバルブ材用に限らず</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・林道網の整備を進めて、作用費の低減をはかる</li> <li>・伐出労務の拡充</li> <li>・利用者に対するインセンティブの導入(補助金、税制等)</li> </ul> <p>などが必要かと思われず。</p>
<p>日本製紙(株) 日本大昭和板紙(株)</p>	<p>(1)安定供給</p> <p>(2)価格が高くない事</p> <p>(3)品質基準を満たしている事</p>
北越製紙(株)	<p>今後共、国産材チップの使用を続けて行こうと考えております。北越製紙の国産材についての考え方は同封の「環境レポート」をご参照願います。</p>
三菱製紙(株)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・輸入材チップと比べて価格競争力があること</li> <li>・森林認証等により、持続可能性が確認されること</li> </ul>

**【問四】その他意見、感想など**

三菱製紙(株)は、「当社の北上工場(岩手県)は、一〇〇%国産広葉樹天然木チップを使用してバルブを生産しております」と回答している。