

1. 概要

(1) 手法の背景と特徴

バイオマス利活用とは、木材や草本、動物排泄物などの枯渇性資源ではない生物起源の有機性資源(バイオマス)を地域の自然資源の復元力の範囲内で採取し、エネルギー又は製品に変換して利用する手法であり、古くから世界各地で広く行われてきた。

バイオマスは、枯渇性の資源である化石燃料とは異なり、繰り返し利用できる再生可能な資源である。また、バイオマスの燃焼により発生する二酸化炭素は、そのバイオマスが成長過程で光合成により大気中から吸収した二酸化炭素に由来するため、二酸化炭素の収支はプラスマイナスゼロと考えることができる(カーボンニュートラル)。このため、バイオマス利活用は、循環型社会及び低炭素社会の形成に向けた有効な手段として注目を集めており、世界各地で化石燃料の代替として導入が進められている。

バイオマス利活用が行われてきた地域では、長年にわたる継続的な人為を通じて二次林や二次草原が形成されており、これらは多様な生物の生息・生育の場及び様々な生態系サービスの源泉となっている。このため、バイオマス利活用を促進することは、生物多様性及び生態系サービスの保全の観点からも非常に有効である。

(2) 手法の内容及び適用可能性

バイオマス利活用には、大きく分けて「エネルギー利用」と「マテリアル利用」の2種類がある。

なお、自然資源の利用による経済的価値は、利用形態によっては大きな差があり、一般的には薬用や食用としての利用が高価であり、以下、マテリアル利用、飼料、肥料、エネルギーの順とされている。このため、出来る限り経済的価値の高い順にカスケード(多段階)利用を行うことを原則として、その一環としてバイオマス利活用を行うことが求められる。

(1) バイオマスエネルギー利用

手法の内容

- ・バイオマスエネルギー利用とは、バイオマスを生活や産業で用いるエネルギー(電力又は燃料)に変換するものである。
- ・その具体的な内容は、原料とする自然資源の種類や変換技術の種類等によって非常に多岐にわたっており、各地域の自然条件や社会環境条件に応じて選択される。
- ・広く普及している代表的なエネルギー利用の方法として、木材を原料とする木炭やペレット製造、家畜糞尿を原料とするバイオガス発電、飼料作物を原料とするエタノール製造などがある。

適用範囲

- ・原料となり得るバイオマスには多様な種類があり、何れの地域にも潜在的な利用可能性を持つ資源が存在する。

- ・但し、現実的な適用可能性については、自然的制約（利用による生態系への影響等）や社会経済的制約（費用対効果、生産されたエネルギーの需要等）等の諸条件を踏まえて検討を行う必要がある。

実施主体

- ・バイオマス利活用は、自然資源の採取から変換、利用、廃棄、再生産に至る広範なプロセスで構成されるため、多様な地域住民が計画策定及び事業運営に関与する可能性がある。

【主な参考事例】

日本の事例 No.9：日本・京都府京丹後市におけるバイオガス発電と農畜産業の連携事業

世界の事例 No.11：タイのコミュニティ林業

世界の事例 No.22：キルギスタン・バイオガス発電導入と森林育成

世界の事例 No.25：ケニア・ニャンザ州における持続的森林管理による木炭の生産

（2）バイオマスマテリアル利用

手法の内容

- ・バイオマスマテリアル利用とは、バイオマスを製品の製造に利用するものである。但し、特定成分の抽出による工業利用（薬品、化粧品、加工食品製造等）は含まない。
- ・その具体的な内容は、エネルギー利用と同様に、原料とする自然資源の種類や変換技術の種類等によって非常に多岐にわたっており、各地域の自然条件や社会環境条件に応じて選択される。
- ・バイオマスを原材料として製造されている代表的な製品として、建築材料や繊維、紙、工業原料などがある。

適用範囲

- ・原料となり得るバイオマスには多様な種類があり、何れの地域にも潜在的な利用可能性を持つ資源が存在する。
- ・但し、現実的な適用可能性については、自然的制約（利用による生態系への影響等）や社会経済的制約（費用対効果、生産されたエネルギーの需要等）等の諸条件を踏まえて検討を行う必要がある。

実施主体

- ・バイオマス利活用は、自然資源の採取から変換、利用、廃棄、再生産に至る広範なプロセスで構成されるため、多様な地域住民が計画策定及び事業運営に関与する可能性がある。

【主な参考事例】

世界の事例 No.10：カンボジア・コンボンチャムにおける土地利用と自然資源の利用・管理

世界の事例 No.51：ブラジル・ポエマ計画によるアグロフォレストリーの導入とバイオマス利活用

2. 事例から得られた自然資源の持続可能な利用・管理に関する効用

自然資源の持続可能な利用・管理及び二次的自然の健全性の維持において、本分類に属する手法を導入することは下記のような効用を持つものと考えられる。

(1) 自然資源の持続可能な利用・管理に関する効用（社会経済的効用）

- ・プランテーション等への農地転用、持続可能でない焼畑農業、薪炭材の過剰伐採、乱開発等の様々な要因によって自然資源が過剰に利用されている地域において、バイオマス利活用を導入し、自然資源の有効利用や未利用資源の開発に取り組むことにより、自然資源の利用量が自然復元力と均衡する適切なレベルまで抑制され、供給的サービスの持続可能な利用が実現することが期待される。
- ・農林水産業の衰退と人口の流出、化石燃料や化学肥料の普及等の様々な要因により、自然資源の利用が不足し、これに伴い農地や森林の荒廃が進行している地域において、バイオマス利活用を導入することが効果的である。新たな自然資源の需要が生じ、さらに、自然資源の利用量が自然復元力と均衡する適切なレベルまで上昇することにより、供給的サービスの持続可能な利用の実現が期待される。
- ・自然資源の採集源である生態系が健全化することにより、この生態系に由来する調整的サービス（防災機能、気候調整機能等）、基盤的サービス（栄養塩類循環、病虫害防除）、文化的サービス（地域文化の継承、エコツーリズムの場の提供等）などの多面的な機能が安定化又は向上し、地域住民に多様な福利をもたらすことが期待される。
- ・上記を通じて、地域住民の収入増加、安全かつ快適な生活環境の創造といった農山漁村地域の活性化等効果が期待される。また、開発途上地域においては、従来の薪利用に伴う健康被害の軽減、薪拾いの時間の削減による女性の地位向上及び子供の就学時間の確保なども期待される。

(2) 二次的自然の健全性に関する効用（生態系及び生物多様性に関する効用）

- ・バイオマス利活用の導入を通じて、過剰利用や利用不足によって荒廃していた農地や森林、草原、沿岸海域等の二次的自然が再生され、これらの場所における生物多様性の向上が期待される。
- ・バイオマス利活用の取組は、生態系サービスのうち「調整的サービス」の一つである温室効果ガスの吸収を促進し、世界的な気候変動の抑制と、これを通じた生物多様性保全への貢献が期待される。

3. 手法の導入に向けて

: SATOYAMAイニシアティブの「5つの視点」を踏まえた計画のポイント及び作業例

二次的自然地域において本手法の導入を計画する際のポイント及び作業項目は、下記の通りである。

表 SATOYAMAイニシアティブの「5つの視点」を踏まえた計画のポイント及び作業項目

5つの視点	計画のポイント	作業項目
(1) 環境容量・自然復元力の範囲内での利用	<ul style="list-style-type: none"> ・地域の自然資源利用の現状及び課題を踏まえ、自然復元力と調和したバイオマス利活用可能量を設定することが必要である。 ・バイオマス利活用が、地域における生態系サービス及び生物多様性の保全並びに他の自然資源利用を妨げることがないように利活用量を設定することが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・自然資源の利用・管理に関する現状及び課題の整理 ・バイオマス利活用可能量の設定
(2) 自然資源の循環利用	<ul style="list-style-type: none"> ・地域の自然資源利用に関する問題（過剰利用、利用不足、非効率的利用等）の解消に寄与できる利活用資源や変換技術を選定することが必要である。 ・自然資源の採取から変換、利用、廃棄、再生産に至る全体の利活用プロセスにおいて、健全かつ効率的な資源フローを構築することが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・利活用資源及び変換技術の選定 ・全体の利活用プロセスの構築
(3) 地域の伝統・文化の評価	<ul style="list-style-type: none"> ・地域の伝統的知識の適用可能性について検討を行うことが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・伝統的知識の適用可能性の確認
(4) 多様な主体の参加と協働	<ul style="list-style-type: none"> ・利害関係者を的確に見極め、円滑な合意形成や役割分担を図るための仕組みを構築することが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・関係者の確認と実施体制の構築
(5) 地域社会・経済への貢献	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオマス利活用による利益が、地域住民の新たな雇用（生計手段、現金収入）として地域に還元されるような事業計画を作成することが必要である。 ・持続可能な自然資源の利用・管理及び事業運営に継続に向けた教育、人材育成及び能力開発のプログラムを計画することが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・地域住民の雇用計画 ・教育、人材育成及び能力開発の計画

(1) 環境容量・自然復元力の範囲内での利用

計画のポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・地域の自然資源利用の現状及び課題を踏まえ、自然復元力と調和したバイオマス利活用可能量を設定することが必要である。 ・バイオマス利活用が、地域における生態系サービス及び生物多様性の保全並びに他の自然資源利用を妨げることがないように、利活用量を設定することが必要である。
作業項目	<ul style="list-style-type: none"> ・自然資源の利用・管理に関する現状及び課題の整理 ・バイオマス利活用可能量の設定

「自然復元力の範囲内での利用」は、持続可能な自然資源の利用における最も重要な前提条件であり、これが満たされなければ、バイオマス利活用の意義及び効果は発揮されない。また、二次的自然においては、自然資源の利用量が自然復元力よりも小さい場合は、植生遷移の進行によって生態系サービスや生物多様性の質が劣化する可能性があるため、「自然復元力と均衡する利用」が求められる。

その一方で、各地域の既往の自然資源の利用・管理は、必ずしも自然復元力と調和する状態で行われているとは限らず、過剰利用や利用不足等の課題を抱えている可能性があることから、バイオマス利活用の導入を契機として自然資源の利用・管理の改善を図ることが期待される。

このための基礎的な作業として、自然資源の利用・管理に関する現状及び課題を明らかにした上で、生態系サービス及び生物多様性の保全並びに他の自然資源利用と競合することがないようにバイオマス利活用可能量を設定することが必要である。

表 環境容量・自然復元力の範囲内での利用を確保するための作業内容の例

作業項目		作業内容の例
自然資源の利用・管理に関する現状及び課題の検討		<ul style="list-style-type: none"> ・地域の自然環境及び生態系の概要 ・地域の利用可能な自然資源の種類、分布及び量 ・既往の自然資源利用の内容（ストック及びフロー） ・上記に関する課題（自然資源の過剰利用や利用不足 等）
バイオマス利活用可能量の検討	保護すべき自然資源	<ul style="list-style-type: none"> ・生物多様性保全・水源保全・文化継承等の様々な観点から、保護すべき自然資源の分布範囲及び量を検討する。
	他の用途として利用すべき自然資源	<ul style="list-style-type: none"> ・カスケード利用の観点から、付加価値の高い順（食用・薬用 マテリアル利用 飼料 肥料 エネルギー）に地域の自然資源の全体的な方針を検討する。 ・上記の中で、バイオマス利活用以外の用途として利用すべき自然資源の分布範囲及び量を検討する。
	バイオマス利活用可能量	<ul style="list-style-type: none"> ・上記 及び を除いた上で、下記の自然資源及び土地を対象として、自然復元力の範囲内で利用できるバイオマスの量を算定する。 <ol style="list-style-type: none"> a. 天然の生物由来資源（樹木や草本の生長量） b. 生物由来廃棄物（農産物非食部、家畜排せつ物の発生量） c. 資源作物やエネルギー作物を栽培できる土地（作物収穫量）

(2) 自然資源の循環利用

計画のポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・地域の自然資源利用に関する課題（過剰利用、利用不足、非効率的利用等）の解消に寄与できる利活用資源や変換技術を選定することが必要である。 ・自然資源の採取から変換、利用、廃棄、再生産に至る全体の利活用プロセスにおいて、健全かつ効率的な資源フローを構築することが必要である。
作業項目	<ul style="list-style-type: none"> ・利活用資源及び変換技術の選定 ・全体の利活用プロセスの構築

バイオマス利活用は、それ自体が一つの資源循環を構成するとともに、自然資源の採取から変換、利用、廃棄、再生産に至る広範なプロセスを通じて、他の土地利用及び自然資源の利用・管理と関係することにより、地域全体の自然資源循環に影響を及ぼす可能性がある。

本手法の計画においては、このような影響の広さを踏まえ、地域の自然資源の循環に負の影響を与えないことは当然として、新たな土地利用及び自然資源の関係（未利用資源の利活用、カスケード利用等）を産み出すことによって、地域の自然資源循環の健全化や効率化に積極的に貢献することが期待される。

このための作業として、地域の自然資源の利用に関する課題（過剰利用、利用不足等）と深く関係する自然資源や、非効率な利用に留まっている自然資源（利活用後の廃棄物、未利用資源等）に着目し、その改善に寄与できるような利活用資源及び変換技術を選定した上で、これらを中核とする健全な全体プロセスを計画することが必要である。

表 自然資源の循環利用を確保するための作業内容の例

作業項目	作業内容の例
利活用資源及び変換技術の検討 （生産するエネルギー又は製品の種類の検討）	<ul style="list-style-type: none"> ・地域の自然資源の利用に関する課題（過剰利用、利用不足等）と深く関係する自然資源に対して、下記のようなバイオマス利活用を通じた解決の可能性を検討する。 <ul style="list-style-type: none"> a. 過剰利用の問題と深く関係する自然資源に代わり、新たなバイオマス変換技術の導入による他の自然資源の利活用を検討する。 b. 過剰利用の問題と深く関係する自然資源について、新たなバイオマス変換技術の導入による効率的な利活用を検討する。 c. 利用不足の問題と深く関係する自然資源について、新たなバイオマス変換技術の導入による従来にない用途の開拓を検討する。 ・また、非効率な利用に留まっている自然資源（利用後の廃棄物、未利用資源等）について、新たな変換技術の導入による利活用の可能性を検討する。 ・上記の2点に加えて、その他の条件（変換により生産するエネルギー又は製品の需要可能性、変換技術のコストや技術水準等）を勘案し、利活用資源及び変換技術を選定する。
全体プロセスの検討	<ul style="list-style-type: none"> ・上記で選定した利活用資源及び変換技術を中心に、自然資源の採取から変換、利用、廃棄、再生産に至る全体のプロセスを計画する。 ・この全体プロセスを対象として、地域の自然資源への循環への負の影響（副材料の利用、排出ガス、排水、廃棄物等）の確認と、効率的なカスケード利用が行われているかどうかの確認を行う。

(3) 地域の伝統・文化の評価

計画のポイント	・地域の伝統的知識の適用可能性について検討を行うことが必要である。
作業項目	・伝統的知識の適用可能性の確認

地域の伝統的な資源循環の知恵、有用植物の知識の中には、バイオマス利活用対象資源の選定や変換技術の選定等に活用できるものが含まれている可能性がある。

また、伝統的な自然資源の利用・管理を支えてきた社会システム(共同利用、役割分担等)の中には、バイオマス利活用の源泉となる自然資源の管理において活用できるものが含まれている可能性がある。

このため、本手法の導入計画における基礎調査の一環として、伝統的知識の内容及び所在等について整理し、これらが持つ自然的・社会的合理性を科学的に明らかにした上で、これらの適用の可能性について検討を行うことが必要である。

(4) 多様な主体の参加と協働

計画のポイント	・利害関係者を的確に見極め、円滑な合意形成や役割分担を図るための仕組みを構築することが必要である。
作業項目	・関係者の確認と実施体制の構築

バイオマス利活用は、自然資源の採取から変換、利用、廃棄、再生産に至る広範なプロセスで構成されるため、多様な地域住民が関与する可能性がある。また、計画策定及び事業運営に必要な資金・技術等を調達するため、NGO/NPO、行政機関、民間企業等の参画や支援が必要な場合も多い。

このため、バイオマス利活用の計画においては、地域内外の関係者の範囲及び関係の内容を整理したうえで、これらの利害関係者の参画により円滑な合意形成や役割分担を図るための仕組みを構築することが不可欠である。

なかでも、バイオマス利活用の源泉となる自然資源の管理については、土地所有者だけでなくバイオマス利活用による受益者も参加・連携して管理するなど、多様な主体の参加と協働によって利益と負担を分かち合うための仕組みを構築することが重要である。

(5) 地域社会・経済への貢献

計画のポイント	<ul style="list-style-type: none">・バイオマス利活用による利益が、地域住民の新たな雇用（生計手段、現金収入）として地域に還元されるような事業計画を作成することが必要である。・地域住民による自主的な事業運営を可能とするため、教育、人材育成及び能力開発のプログラムを計画することが必要である。
作業項目	<ul style="list-style-type: none">・地域住民の雇用計画・教育、人材育成及び能力開発の計画

持続可能な自然資源の利用・管理を実現するためには、自然的側面からの持続可能性の確保に加えて、それらを支える社会経済の持続可能性を確保することが不可欠である。なかでも市場価値を有するエネルギーや製品を生産するバイオマス利活用は、地域振興に寄与する産業として大きな可能性を持っていることから、事業計画の一環として、地域社会・経済への貢献について積極的な検討を行うことが必要である。

地域の経済に貢献するための直接的な方法として、地域住民の新たな雇用（生計手段、現金収入）を提供することが効果的である。雇用の方法には、エネルギーや製品の生産や流通、販売において直接的な雇用を行うほか、原料となる自然資源の管理者に対して対価を支払うことも重要である。

また、持続可能なバイオマス利活用を将来にわたって継続していくためには、その広範なプロセスに関係する一人ひとりの関係者が、持続可能な自然資源の利用・管理の考え方や、それを実現するための十分な知識や技術を身につけることが重要である。このため、NGO/NPO、行政機関、民間企業等の協力を得て、地域住民に対する教育、人材育成及び能力開発のプログラムを実行することが必要である。

なお、高度な技術や多額の初期投資が必要な変換技術を導入する場合には、地域外に本拠を置く民間企業が事業主体となることもある。このような場合は、企業活動と地域の社会経済との調和を図るために、特に雇用や教育、人材育成及び能力開発に力を注ぐことが求められる。