

地域の経済・環境・社会価値を最大化する バイオマス活用方針の策定手法の提案

創発戦略センター コンサルタント 福山 篤史

目 次

1. 国内のバイオマス活用の現状と課題

- (1) バイオマス活用に関する動向
- (2) バイオマス活用による経済・環境・社会の価値創出の可能性
- (3) 自治体による計画策定の必要性
- (4) バイオマス活用に関する計画策定の現状と課題

2. バイオマスと用途の組み合わせ策定手法の提案

- (1) 手法の必要性
- (2) 手法の全体像
- (3) バイオマスと用途の組み合わせの評価
- (4) 実事例を対象とした適用可能性の確認
- (5) 手法の活用場面

3. 本手法の課題

- (1) 外部環境の変化に応じた計画方針の更新
- (2) 計画策定のインセンティブ設計
- (3) 持続的な事業モデルの構築

4. おわりに

要 約

1. 2002年に発表された「バイオマス・ニッポン総合戦略」を皮切りに、国内においてバイオマスの活用が推進されてきた。近年では、バイオマスの活用は、カーボンニュートラルの実現、枯渇性資源からの脱却、地政学的リスクへの対策といった複数の分野での価値創出に貢献するものとして高い注目を集めている。
2. バイオマスが発生する地域では、その活用により、経済・環境・社会の価値創出を図ることが期待できる。経済価値としては、バイオマスの活用による収益の確保や地域自立型経済の構築が挙げられる。また、環境価値としては、バイオマスの有効活用による廃棄量・地域内残存量の低減や、CO₂を固定化したバイオマスを原料とすることによるカーボンニュートラルへの貢献が期待される。社会価値としては、サプライチェーンにかかわる雇用の創出や未利用バイオマスの有効活用による生活環境の向上などが期待される。
3. 各地域で活用できるバイオマスは、薄く広く存在している。また、バイオマス活用を進めるためには、サプライチェーンにかかわる広範な関係者の巻き込みが必要となる。各地域では、自治体等を中心に、活用すべきバイオマスと期待すべき用途の組み合わせや、バイオマス活用に関するメリットと役割を示す方針を定めていくことが不可欠である。
4. 政府は、2010年に「バイオマス活用推進基本計画」を策定し、2025年までに全都道府県および600市町村がバイオマス活用推進計画を策定する目標を打ち出した。しかしながら、2023年2月時点で計画を策定したのは、19道府県・74市町村にとどまる。さらに、計画を策定している地域も、必ずしも各地域のバイオマスを経済・環境・社会の価値創出のために最大限に活用できているとは言えない。その理由は、①地域の強みとなる産業や地域資源を活かす視点、②付加価値の高い用途を重視する視点、③環境・社会の価値創出に繋がる原料や用途を選択する視点、④外部環境の変化を踏まえた用途を選択する視点からの検討が不十分なことにある。

本稿では、上記の四つの視点を盛り込み、バイオマス活用を経済・環境・社会の価値創出に繋がられるよう、原料と用途の組み合わせを選定する手法を提案する。本手法では、経済価値、環境価値、社会価値の三つを評価軸として、これらの価値を最大化する原料と用途の組み合わせをアウトプットして導くことができる。

本手法を用いることにより、以下の効果を生むことが期待できる。

- (1) 広範なステークホルダーがメリットを見出し、バイオマス活用に対する賛同を得やすくなる
- (2) 需要動向を捉え、高付加価値な用途を重視するため、事業規模と収益性の向上が期待できる
- (3) 地域の産業や資源が強みとして生きる原料と用途に焦点を当てるため、独自性・競争優位性のある事業を展開できる

本手法は、自治体がすでに保有するデータを組み合わせるものであり、バイオマス活用方針を立案と、その後の事業立ち上げ・実施を容易に進めることに資する。各地域が本手法により優先して活用するバイオマスの原料と用途を定めることで、早期に事業が立ち上がり、経済・環境・社会の価値創出に繋がることを期待したい。

1. 国内のバイオマス活用の現状と課題

(1) バイオマス活用に関する動向

2002年に発表された「バイオマス・ニッポン総合戦略」を皮切りに、国内のバイオマスの活用が推進されてきた（農林水産省 [2002] [1]）。バイオマスは、「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」と定義され、賦存状態により（1）廃棄物系バイオマス、（2）未利用バイオマス、（3）資源作物に分類される。その用途は、医薬品/化粧品・食料・繊維/樹脂・肥料/飼料/餌料・燃料等、多岐にわたる。近年では、バイオマス活用は、カーボンニュートラルの実現、枯渇性資源からの脱却、地政学的リスクへの対策といった複数の分野での価値創出に貢献するものとして高い注目を集めている。目下、ロシアによるウクライナ侵攻に伴う原油価格の高騰が進んでおり、エネルギー・資源・食料などを安定供給するための手段として、国産バイオマス原料とその自給体制の構築がより一層重要視されている。農林水産省が2022年9月6日に公表した「第3次バイオマス活用推進基本計画」では、日本のバイオマス産業規模（経済波及効果を含む）は過去5年間で約1,600億円増加し、2022年時点で約5,300億円に上るという試算もなされており、バイオマス産業の必要性の高まりがうかがえる（農林水産省 [2022] [2]）。

(2) バイオマス活用による経済・環境・社会の価値創出の可能性

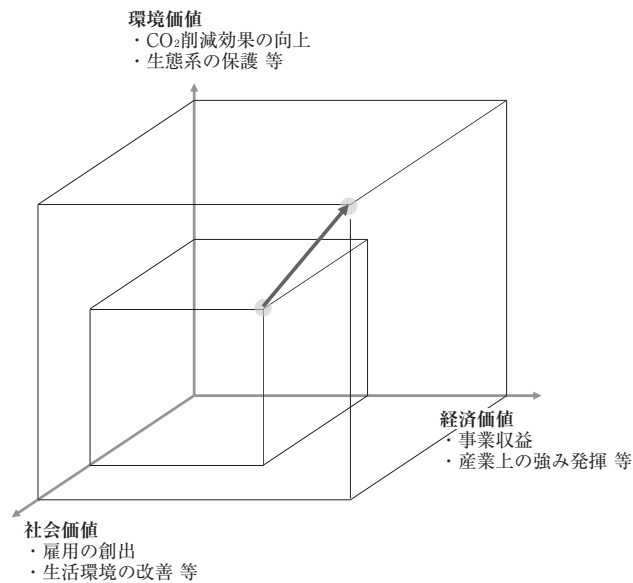
バイオマスが発生する地域からの視点では、バイオマスの活用により、地域の経済・環境・社会の多面的な価値を創出することが期待できる（図表1）。

バイオマス活用は、収益源の確保や地域内の経済循環促進といった経済的な便益を生む可能性を秘める。環境省は2018年4月に閣議決定された第五次環境基本計画において、「地域循環共生圏」という考え方を掲げた。これは、地域内の資源を有効活用して自立・分散型の社会を形成し、地域間で補完し支え合うことを目指すものである。「地域循環共生圏」の構築に向けて、地域内の資源を使って商品を生産して利益を生むこと、可能な限り地域内で資金が循環する「地域経済循環構造」を再構築することが必要である。第五次環境基本計画において、各地域の産業を起点とし、地域資源（資金・インフラ・人材・原材料）を有効活用することが効果的であると謳われている。地域内のバイオマス活用は、まさに地域の産業を起点として地域資源を利用することであり、「地域経済循環構造」の構築に繋がると言える。

一連の取り組みは地域の自立促進にも資する。すべての産業セクターを前提に平均的なレベルで地域経済循環を目指していくよりも、各地域が強みとしている産業を起点として地域経済循環を目指していく方が現実的かつ効率的である。地域の産業や資源が強みとして活用できるバイオマスとその用途に力を入れることで、独自性・競争優位性のある事業を展開できると考えられる。

バイオマスの活用を環境面・社会面の価値創出に繋げていくことも可能である。例えば、地域内で大量に発生し生態系（環境面）や住環境（社会面）の観点から問題視される廃棄物を、地域企業が付加価値の高い製品に変換し、地域内外での流通を生むことで、経済・環境・社会の多面的な価値創出に貢献できる。その際に、各々の地域が強みとなる産業と地域資源（バイオマスを含む）を有効に活用して、互いに補完しあい、自立・分散型の構造を構築することが肝要である。

(図表1) バイオマスの活用による経済価値・環境価値・社会価値の向上



(資料) 日本総合研究所作成

(3) 自治体による計画策定の必要性

バイオマスの活用を経済・環境・社会の多面的な価値創出に繋げるためには、広範なステークホルダーの巻き込みが必要となる。例えば、地域内では、バイオマスを提供する事業者、バイオマスから一次製品・二次製品を製造する事業者、バイオマス由来製品を最終需要家に販売する事業者、全体の商流を取り纏める事業者などが想定される。さらに、場合によっては、地域外からバイオマス変換に関する技術を持つ事業者を誘致する、国内外のバイオマス由来製品の需要家を確保することが必要である。

さらに、各地域が注力するバイオマスとその用途の組み合わせの方針を定めることも必要である。各地域で活用できるバイオマスは薄く広く、かつ原料種ごとに偏って存在している。したがって、すべての産業で平均的に地域経済循環を目指していくよりも、各地域の強みとなる産業を起点として「地域経済循環構造」の構築を目指していく方が現実的かつ効率的であると考えられる。

また、地域で活用できるバイオマスの量には上限があるため、複数のプレーヤーが一つのバイオマスを利用すると、地域内のバイオマス資源の調達競争や輸入バイオマスへの依存に陥る可能性もある。実際に、バイオマス発電用途の木材チップのうち間伐材・林地残材に由来するものは、2015年から2021年にかけて約4倍に増加している（林野庁 [2022] [3]）。特定の地域においては、木質バイオマスを利用する既存バイオマス発電事業者への燃料材の供給や、製紙会社への製紙用材の供給が滞った事例も報告されている（林野庁 [2020] [4]）。また、国内の一般木材等・バイオマス液体燃料のうち、固定価格買取制度（FIT制度）で認定されている事例のうち、約75%が東南アジアから輸入されたパーム油やパームヤシ殻を原料として利用している（資源エネルギー庁 [2020] [5]）。このように国産のバイオマスの利用ではなく輸入バイオマスに依存する構造も見られる。

そこで、地域内の広範なステークホルダーに対して、バイオマス活用にかかわることのメリットと役

割を示して巻き込むことと、地域の産業や資源が強みとして活用できるバイオマスとその用途の組み合わせを示す方針立案を各地域の自治体等が主導して定めていくことが不可欠となる。

(4) バイオマス活用に関する計画策定の現状と課題

政府は2010年に「バイオマス活用推進基本計画」を策定し、2025年までに全都道府県および600市町村がバイオマス活用推進計画を策定する目標を打ち出している（農林水産省 [2010] [6]）。しかしながら、2022年2月時点で計画を策定した自治体は、19道府県・74市町村にとどまっている（農林水産省 [2022] [2]）。

バイオマス活用によって経済価値・環境価値・社会価値が最大化されるためには、これら三つの価値要素が計画段階から考慮されていることが望ましい。まず、経済価値は、事業規模や事業収益を拡大することにより高められる。そのためには、①規模が拡大する市場を選ぶこと、②単価の高い用途を選ぶこと、③市場のなかでシェアを獲得すること、が必要となる。

また、経済価値のみならず、環境価値・社会価値を最大化する視点も欠かせない。環境価値・社会価値の視点が欠けると、特定のバイオマスが大量に発生して、地域の生態系や生活環境に悪影響を与えていたとしても、安定供給や価格に優れる海外産バイオマスの輸入が優先される可能性がある。実際に、多くの地域において、地域内のバイオマスを棚に上げて、東南アジアから輸入されたパームヤシ殻を原料としたバイオマス発電に注力する事例が後を絶たない。こうした事態を避けるためには、バイオマス活用に関する計画策定時から、環境価値・社会価値を考慮に入れるべきである。

策定されているバイオマス活用に関する計画を概観してみると、以下の四つの視点が弱い、あるいは欠けていると指摘できる。逆に言えば、これらの視点をバイオマスの活用計画を策定する時点から盛り込むことにより、各地域がバイオマスを経済・環境・社会の多面的な価値創出に最大限繋げていくことができると言えよう。

A. 外部環境の変化を踏まえた需要動向に応じた用途を選択する視点

競合する製品の価格高騰や、政策上の目標値設定や新たな規制の整備により、バイオマスが変換された製品に対する需要が高まる可能性を見込んでおくことが重要である。

外部環境の変化として、中長期の連続的な変化と短期的な変化の両方が想定される。中長期的には、気候変動対策を目的としてカーボンプライシングが導入され、炭素価格が転嫁された石油由来製品の将来にわたる価格の上昇が想定される。また、短期的には、2020年以降の新型コロナウイルスの感染拡大やロシアによるウクライナ侵攻等による石油価格の高騰が挙げられる。

また、国内外における導入目標値や規制整備として、直近では、再生可能なバイオマスを原料とする持続可能な航空燃料（以下「SAF (Sustainable Aviation Fuel)」という）に関する動きが顕著である。国際航空分野における脱炭素化に向けてSAFへの期待が高まるなか、国内では2030年までに本邦エアラインによる燃料使用量のうち10%をSAFに転換する目標が掲げられている。

この外部環境の視点を計画策定時から盛り込むことで、不確実性があるにせよ需要動向が的確に捉えられるようになり、事業規模の拡大や比較的高単価での販売を想定することができる。

B. 付加価値の高い用途を重視する視点

バイオマスが変換された製品が、電気・熱源、燃料源などの用途に供される場合は、優位性が低く、石油由来の製品などとの価格競争に陥りやすい。他方、機能・物性が優れた高付加価値用途に供することのできる製品は、高単価でも選択される傾向にあり、事業収支が成り立つ可能性が高い。この視点をA.の視点と合わせて盛り込むことで、一定の事業規模と収益性向上の見通しを立てられる。

C. 地域の強みを持つ産業を活かす視点

特定の市場で優位性を確保するためには、すでに強みを持っている産業を活かすことが重要である。強みを持つヒト・モノ・カネ・情報を活かすことで、事業の創設と拡大が円滑かつ確実に進むと期待される。ヒトの観点では、関連する事業にかかわった経験を持つ人材は、ステークホルダーの巻き込みや技術的な運用を円滑に進めることができると考えられる。モノの観点では、既存の施設・設備を活用できるケースも多く、イニシャルにかかる設備投資等を抑えることができる。カネの観点からは、全国的にも優位性を持ち、強みとなる事業を手掛ける企業は、新たな事業に投資し、事業立ち上げや拡大を迅速に進める余力を持つ可能性が高い。また、情報の観点では、既存の販売チャンネルの活用が可能となり、比較的大口の需要家を確保しやすくなると考えられる。

D. 環境価値や社会価値の向上に貢献するバイオマス・用途を選択する視点

経済価値に加えて、環境価値・社会価値を最大化する視点も欠かせない。バイオマスの活用は、大量に発生するが放置されているバイオマスの処理が可能になることで、住環境の改善や廃棄物削減などの環境価値を生む、加えて雇用の創出や公共サービスの質向上による住民の増加等の社会価値を生むといった可能性を秘めている。

2. バイオマスと用途の組み合わせ策定手法の提案

(1) 手法の必要性

上記のA.～D.は、各地域で生じるバイオマスを経済・環境・社会の多面的な価値創出に最大限に利用していくために欠かせない視点である。以下では、これらの視点を盛り込んだバイオマスと用途の組み合わせを策定する手法を提案する。

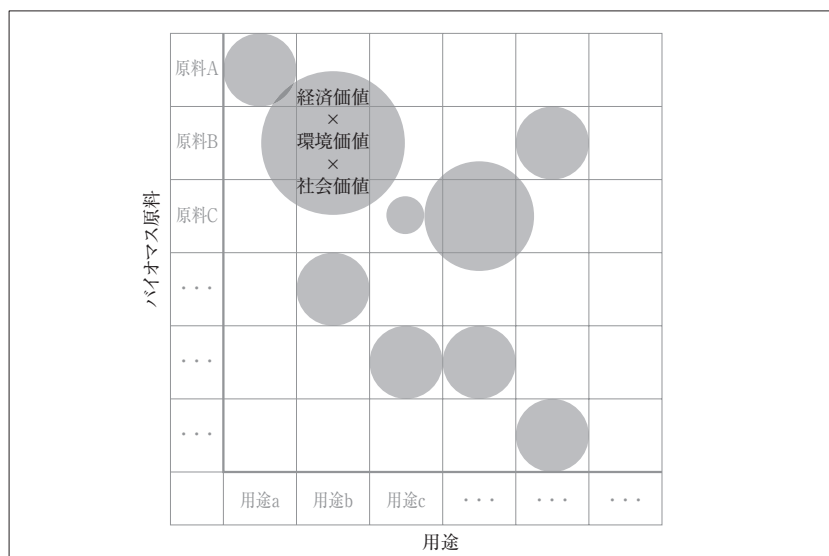
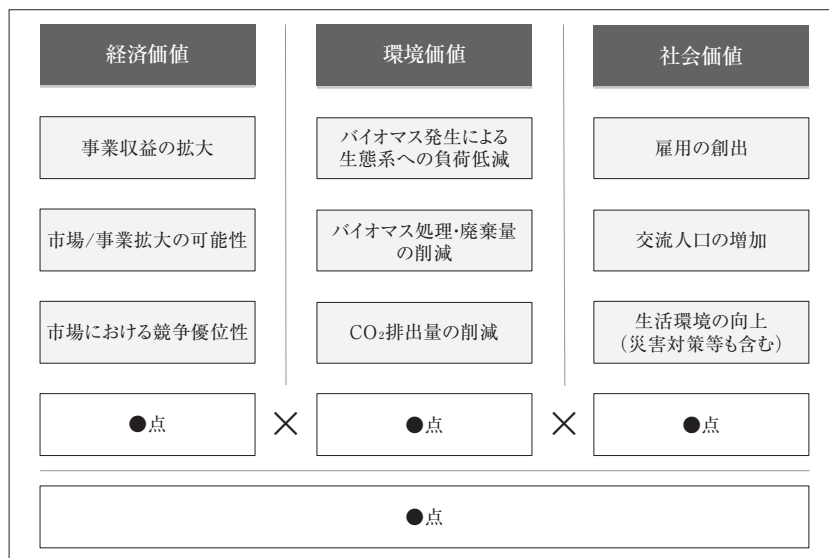
バイオマス活用推進計画において、計画を策定する自治体数の数値目標が置かれている2025年をマイルストーンとすると、比較的短期間のうちにバイオマス活用に関する方針が示されることが望ましい。そこで、各自治体が保有する情報を利用して、地域への価値創出に役立つバイオマス活用の方針を迅速に示す手法が求められる。各自治体が保有する情報には、各自治体の総合計画や統計情報などが該当する。各自治体がすでに持つ情報やデータをもとに、迅速かつ客観的にバイオマス活用の全体方針が示されれば、自治体内の関係各所や地域内のステークホルダーとの議論や合意形成を促すことができると考えられる。

(2) 手法の全体像

本手法を用いて、各々のバイオマスと用途の組み合わせに対して、経済価値・環境価値・社会価値の視点から点数付けを行い、地域として注力すべき組み合わせを導く流れを図表2に示す。

まず、バイオマスと用途の組み合わせに対して、複数の指標に対する点数の加重平均として経済価値・環境価値・社会価値の三つの軸で点数付けを行い、それらの点数を積算したものを総合得点とする。そして、複数のバイオマスと用途の組み合わせに対して、点数付けを行い、総合得点が高い組み合わせを地域として注力すべきものとして導く。

(図表2) バイオマスと用途の最適な組み合わせのアウトプットイメージ



(資料) 日本総合研究所作成

(3) バイオマスと用途の組み合わせの評価

A. 評価指標

各地域において利用を推進するバイオマスを、経済価値、環境価値、社会価値の三つを評価軸として優先度付けする。各評価軸、指標の詳細を、図表3に示す。

(図表3) 本手法における評価軸、指標の一覧 (点数は一例として記載)

| 評価軸 | 評価の観点 | 評価対象 | | 本論で用いる指標 | 点数付けの考え方 | 点数 (数値は一例として記載) |
|------|--|-------|----|------------------------|---|--|
| | | バイオマス | 用途 | | | |
| 経済価値 | 市場・事業規模はどの程度の規模となるのか | ● | | バイオマス賦存量 | 賦存量が地域内で相対的に多い原料に高点数を付与 | <ul style="list-style-type: none"> ●3点: 賦存量順位が1/3以上 ●2点: 賦存量順位が1/3未満2/3以上 ●1点: 賦存量順位が2/3未満 |
| | | | ● | 対象用途の標準単価 | 各種公開資料(市場調査レポート、論文)の調査を基にした単価が高い用途に高点数を付与 | <ul style="list-style-type: none"> ●3点: 約10,000円/kg～ ●2点: 約1,000円～約10,000円/kg ●1点: 約100円～約1,000円/kg |
| | 需給双方の外部環境が整っているか | | ● | バイオマス原料化の需要度 | 政策・規制等や、市場での価格変動からバイオマス原料製品の需要が高い用途に高点数を付与 | <ul style="list-style-type: none"> <具体参照例>「新たなバイオマス活用推進基本計画」に記載されている用途に高点数を付与 ●3点: 注力領域として明記あり ●2点: 関連領域の記載あり ●1点: 明記なし |
| | | ● | ● | 研究開発・事業化の進捗度 | 「バイオマス利活用ロードマップ」で事業化に近い組合せに高点数を付与 | <ul style="list-style-type: none"> ●3点: 事業化実績がある ●2点: 事業化に向けた実証実績がある ●1点: 事業化に向けて研究段階または検討段階 |
| | 対象地域が当該事業で勝てるのか | ● | ● | 地域内産業の強みの発揮度 | 修正特価係数が高い産業と連携する組合せに高点数を付与 | <ul style="list-style-type: none"> ●3点: 修正特価係数が2以上 ●2点: 修正特価係数が1以上2未満 ●1点: 修正特価係数が1未満 |
| 環境価値 | バイオマスの処理費用の低減に貢献するか | ● | | バイオマス処理費用の低減への貢献度 | 地域内で生じるバイオマスの処理費用が大きく、その低減に貢献に高点数を付与 | <ul style="list-style-type: none"> ●3点: ●円以上の予算を投じている ●2点: ●円以上●円未満の予算を投じている ●1点: ●円未満の予算を投じている |
| | バイオマスや廃棄物の削減に貢献しているか | ● | ● | 廃棄物量削減への貢献度 | 過剰に発生するバイオマスの削減量や、バイオマス化による最終廃棄物量の削減量が大きい組合せに高点数を付与 | <ul style="list-style-type: none"> ●3点: バイオマスおよび最終廃棄物量の削減量大 (●t以上) ●2点: バイオマスおよび最終廃棄物量の削減量中 (●t以上●t未満) ●1点: バイオマスおよび最終廃棄物量の削減量小 (●t未満) |
| | サプライチェーンにおけるCO ₂ 排出量を削減できるか | ● | ● | CO ₂ 排出削減効果 | 原料のバイオマス化によるCO ₂ 排出量削減効果が大きい組合せに高点数を付与 | <ul style="list-style-type: none"> <具体参照例>サプライチェーン上のCO₂排出量削減に貢献度が大きい組合せに高点数を付与 ●3点: 製造・輸送過程のCO₂排出量削減 ●2点: 輸送過程でのCO₂排出量削減 ●1点: 大きなCO₂排出量削減は期待できない |
| 社会価値 | 多くの雇用を生むことができるか | ● | ● | 雇用の創出 | サプライチェーンにかかわる地域内の事業者が追加で雇用する人数が多い組合せに高点数を付与 | <ul style="list-style-type: none"> ●3点: 100人/年～ ●2点: 10～99人/年 ●1点: ～9人/年 |
| | 多くの交流人口を生むことができるか | ● | ● | 交流人口の増加 | 製品の購入や、施設の見学等を目的に増加が見込まれる関係人口が多い組合せに高点数を付与 | <ul style="list-style-type: none"> ●3点: 1,000人/年～ ●2点: 100～999人/年 ●1点: ～99人/年 |
| | 生活環境を改善することに繋がるか | ● | ● | 生活環境の改善 | 過剰なバイオマス発生による被害度の低減効果が高い組合せに高点数を付与 | <ul style="list-style-type: none"> ●3点: バイオマス発生による生活環境への影響大 (●t以上) ●2点: バイオマス発生による生活環境への影響中 (●t以上●t未満) ●1点: バイオマス発生による生活環境への影響小 (●t未満) |

(資料) 日本総合研究所作成

B. 経済価値

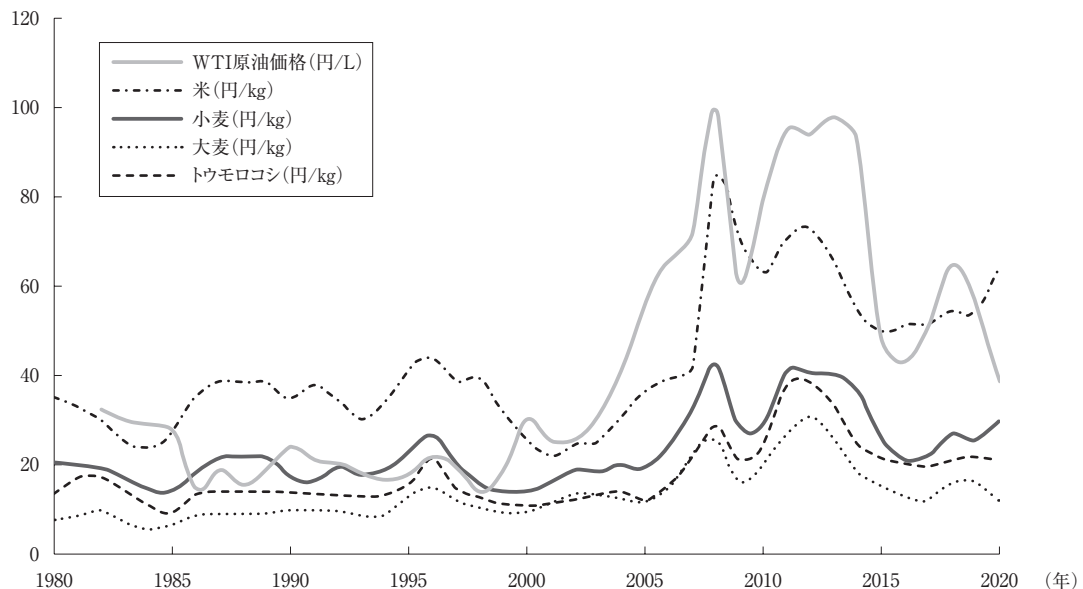
経済価値は、事業規模（事業規模があるか）、市場成長性（市場が成長するか）、市場での優位性（その市場で勝てるか）、の観点から評価をする。

事業規模は、バイオマス賦存量/バイオマス利用可能量や製品単価を指標とする。バイオマス賦存量や利用可能量は、地域新エネルギー等の策定にあたり各自治体で収集をしている情報をもとに算出を行い、その値が高い場合に高い点数を付与する。製品単価については、各種の市場レポートや論文をもとに、製品用途ごとの単価が該当する金額帯の点数を付与する。なお、付加価値の高い用途を重視する視点を持ち、値が高い場合に高い点数を付与する。

市場の成長性は、需要側の動向や競合製品の価格推移を指標とする。ここでは、外部環境の変化を踏まえた需要動向に応じた用途を選択するという観点から、外部環境を単に所与の条件とするのではなく、一つの変数として扱う。これまでバイオマス利用の注目度や投資トレンドは、変動を繰り返してきたことを踏まえると、今後も同様の変動を繰り返していくものと予想される。そこで、外部環境を捉えて各時間軸に適したバイオマス利用の方針を定めていくことが必要であると考えられる。具体的には、検証対象とする年代（5年刻み程度）ごとのバイオマスに関する外部環境を整理し、(1) 経済・環境・社会面での主要トピックおよびバイオマス利用への影響、(2) 競合となる製品の単価の推移などから市場の成長性を評価する。（図表4、図表5）

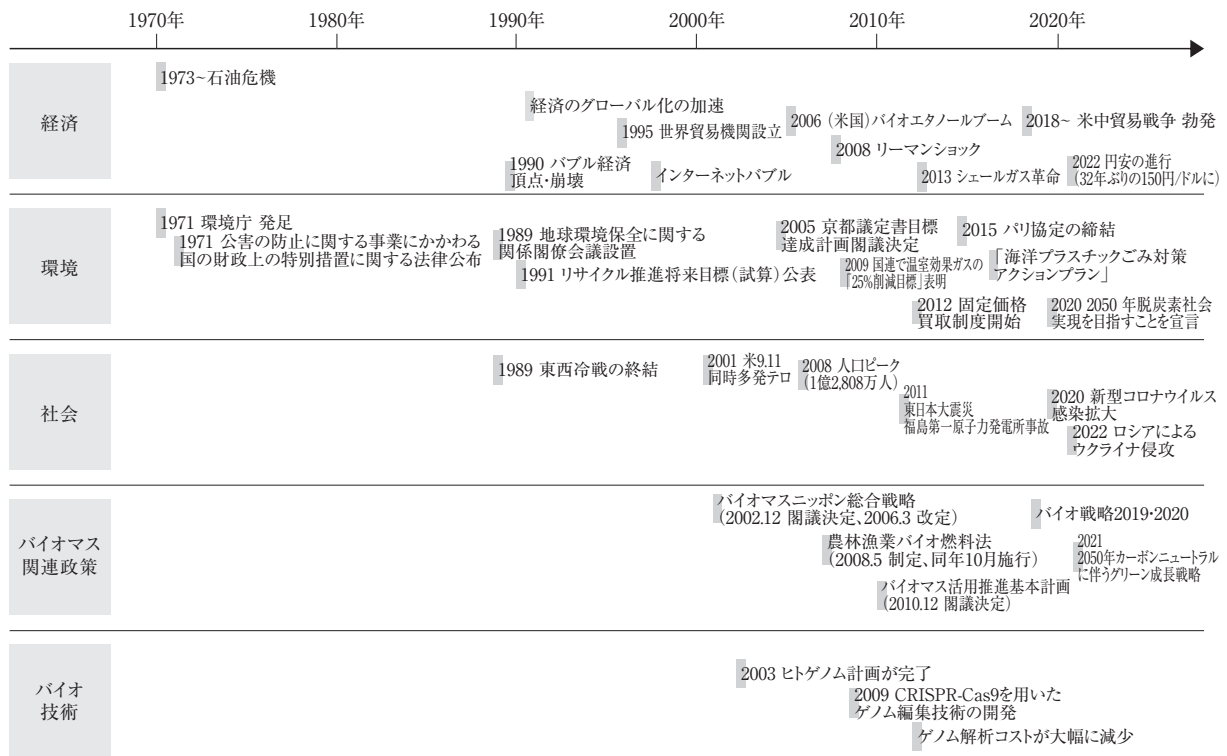
市場での優位性は、研究開発・事業化への進捗度や地域内産業の強みの発揮度を指標とする。研究開発・事業化への進捗度は、農林水産省「バイオマス利用技術の現状とロードマップについて」（最新版:2022年8月）等の公開情報や関連分野の論文などをもとに、研究開発段階、実証段階、事業化段階等を整理し、評価をする時点で事業化の実現に近い技術に高い点数を付与する。また、地域内産業の強みの発揮度は、修正特化係数を指標として、値が高い場合に高い点数を付与する。修正特化係数は、世界の他地域と比

(単位当たり価格) (図表4) バイオマス由来製品と競合する製品の価格推移



(資料) THE WORLD BANK [7] より日本総合研究所作成

(図表5) 経済・環境・社会・技術の観点から見た外部環境の変化



(資料) 環境省 [2021] [8]、農林水産省 [2022] [9] より日本総合研究所作成

較した場合の対象地域における特定の産業の相対的な集積度（強み）を表す値である。一般的に、修正特化係数が1を超える産業がその地域の基盤産業であることを示す。地域の強みとなる産業を活かす視点から、修正特価係数が大きい場合に本手法では高い点数を付与する。

C. 環境価値

環境価値は、回避されるバイオマス廃棄（処理）費用や、軽減されるバイオマス発生による生態系への負荷度、CO₂削減効果を指標として評価する。ここでは、各自治体の担当者が計画を策定する際に、環境価値のうち、経済価値に変換できる指標のみならず、経済価値への変換が難しい指標も組み込むことを想定する。

バイオマス処理費用は、各自治体における関連予算を確認することにより把握する。また、軽減されるバイオマス発生による生態系への負荷度は、各地域の各種計画への記載や関連する予算の計上がある場合には、高い点数を付与する。計画への記載や予算計上がなされていないものの、地域住民からの声が上がっている場合にも、点数配分を検討する。

D. 社会価値

社会価値は、雇用の創出、交流人口の増加、生活環境の向上等の指標により評価する。これらの指標は、経済価値に変換され、経済価値として比較・検討されることが望ましい。一方で、バイオマス活用に関す

る計画の策定時に、すべて定量的な値を取得し、各指標が経済価値に変換することができるとは限らないため、定性的な情報をもとに点数付けを行うことも許容する。

雇用の創出は、サプライチェーンを含めて地域内の事業者が追加で雇用する人数を概算し、バイオマスと用途の組合せごとに比較する。また、交流人口の増加量は、バイオマスの活用により生じる産業の創出に伴い、地域特有の製品の購入や、バイオマス製造施設の見学等を目的に増加が見込まれる関係人口の概算値を算出する。生活環境の向上は、大量に発生するバイオマスによる住環境への悪影響低減などの効果を評価する。本指標においては、定量情報が取得できない可能性も高いため、定性情報を基に点数付けを行う。

E. 評価結果

各評価軸の得点で高いものから、地域として優先して活用するバイオマスと用途の組み合わせの優先度を付ける。この手法を用いることにより、需要・供給側の外部環境を捉え、地域の価値創出への貢献度や実現可能性を最大化するという観点から、供給ポテンシャルの高いバイオマスの優先度付けができる。

地域の産業上の強みを発揮する際には、地域内の経営資源（既存の設備、流通網、技術的知見など）を有効に活用し、事業の拡大や収益化を図ることが有効と考えられる。

(図表6) バイオマスと用途の評価の枠組み

| 評価軸 | 評価の観点 | 評価対象 | | 本論で用いる指標 | 点数 | 重み(例) (価値ごとに計100) | 価値種別点数 (指標毎の加重平均) | 合計点数 (価値毎の積) |
|------|----------------------------|-------|----|-------------------------|----|----------------------|----------------------|-----------------|
| | | バイオマス | 用途 | | | | | |
| 経済価値 | 市場・事業規模はどの程度の規模となるのか | ● | | バイオマス賦存量 | X | X | X | X |
| | | | ● | 対象用途の標準単価 | X | X | | |
| | 需給双方の外部環境が整っているか | | ● | バイオマス原料化の需要度 | X | X | | |
| | | ● | ● | 研究開発・事業化の進捗度 | X | X | | |
| | 対象地域が当該事業で勝てるのか | ● | ● | 地域内産業の強みの発揮度 | X | X | | |
| 環境価値 | バイオマス処理費用の低減に貢献するか | ● | | バイオマス処理費用の低減への貢献度 | X | X | X | X |
| | バイオマス・廃棄物量削減に貢献しているか | ● | ● | 廃棄物量削減への貢献度 | X | X | | |
| | CO ₂ 排出量を削減できるか | ● | ● | CO ₂ 排出量削減効果 | X | X | | |
| 社会価値 | 多くの雇用を生むことができるか | ● | ● | 雇用の創出 | X | X | X | X |
| | 多くの交流人口を生むことができるか | ● | ● | 交流人口の増加 | X | X | | |
| | 生活環境を改善することに繋がるか | ● | ● | 生活環境の改善 | X | X | | |

(資料) 日本総合研究所作成

(4) 実事例を対象とした適用可能性の確認

ここでは、本手法の適用可能性を確認するために、一例として、薩摩川内市における竹を原料としたセルロースナノファイバー（以下、「CNF」という）製造の事例を対象として点数付けを行う。

A. 鹿児島県薩摩川内市の取組概要および選定理由

鹿児島県薩摩川内市のバイオマスの賦存量および利用状況を図表7に示す。大量に発生している家畜排せつ物、産業廃棄物等、農業系の稲わらや麦わらは利用率がすでに70%を超えるものが多い。一方で、食品廃棄物や林地残材・竹などは一定量発生しているものの、利用率が20%未満と低い水準にある。

こうした状況において、薩摩川内市は、2016年に策定されたバイオマス産業都市構想において、竹をセルロースナノファイバー（CNF）として利用する取り組みの推進を掲げた。

薩摩川内市は、バイオマス産業都市構想において、2.のA.～D.の視点を盛り込み、経済・環境・社会の価値創出に竹由来のCNFを活かす方針を掲げていることから、本手法が実際の事例に適用できるか否かを確認する対象として選定した。

（図表7）薩摩川内市におけるバイオマス賦存量、仕向量、利用率の一覧

| バイオマス | | 賦存量 (t/年) | 仕向量 (t/年) | 利用率 | |
|-----------|-------------|------------|-----------|---------|------|
| 廃棄物系バイオマス | 家畜排せつ物 | 肉用牛ふん尿 | 8,094 | 8,094 | 100% |
| | | 乳用牛ふん尿 | 3,672 | 3,672 | 100% |
| | | 豚ふん尿 | 9,339 | 9,339 | 100% |
| | | 馬ふん | 2,626 | 2,626 | 100% |
| | | 鶏ふん | 16,461 | 16,461 | 100% |
| | 食品廃棄物 | 家庭系生ごみ | 15,722 | 12,076 | 77% |
| | | 事業系食品残渣 | 69,288 | 10,457 | 15% |
| | | 事業系生ごみ（給食） | 100 | 3 | 3% |
| | | 廃食用油（植物性） | 319 | 118 | 37% |
| | 汚泥 | 下水汚泥 | 9,200 | 8,813 | 96% |
| | | 農業集落排水汚泥 | 1,178 | 0 | 0% |
| | | し尿浄化槽汚泥 | 1,338 | 0 | 0% |
| | 製材工場等残材 | 製材所端材 | 2,863 | 2,149 | 75% |
| | | パーク（樹皮） | 1,275 | 0 | 0% |
| | | のこくず | 147 | 147 | 100% |
| | 木材工業系残材 | おがくず | 361 | 258 | 71% |
| | | 木くず | 623 | 65 | 10% |
| | | 建設発生木材 | 9,297 | 9,297 | 100% |
| | 水産系 | カキ殻 | 26 | 0 | 0% |
| ノリくず（乾ノリ） | | 41 | 0 | 0% | |
| ノリくず（生ノリ） | | 220 | 0 | 0% | |
| その他 | ごみ（紙類） | 25,297 | 19,431 | 77% | |
| | ごみ（木、竹、わら類） | 12,263 | 9,419 | 77% | |
| 未利用バイオマス | 農業系 | 稲わら | 38,538 | 35,682 | 93% |
| | | 麦わら | 26,537 | 22,367 | 84% |
| | | もみがら | 7,865 | 7,817 | 99% |
| | 木質系 | 林地残材 | 19,850 | 3,019 | 15% |
| | | 竹 | 4,400 | 0 | 0% |
| | | | 286,940 | 181,310 | 63% |

（資料）薩摩川内市 [2016] [10] より日本総合研究所作成

B. 本手法の適用結果

図表8に、本手法を用いて点数付けを行った結果を示す。(3) の評価指標のうち、公開情報から必要な情報が得られる指標は具体数値を用いて点数付けを行い、得られない場合は定性情報をもとに点数の予測値を記載した。その結果、経済価値2.6点、環境価値2.4点、社会価値2.6点であり、それらの価値の積である総合点数として16.2点が得られた。

(図表8) 薩摩川内市における竹を原料としたCNF製造

| バイオマス原料 | | 竹 | | 用途 | セルロースナノファイバー (CNF) | | | |
|---------|----------------------------|-------|----|-------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|
| 評価軸 | 評価の観点 | 評価対象 | | 本論で用いる指標 | 点数 | 重み (例) (価値ごとに 計100) | 価値種別点数 (指標毎の 加重平均) | 総合点数 (価値毎の積) |
| | | バイオマス | 用途 | | | | | |
| 経済価値 | 市場・事業規模はどの程度の規模となるのか | ● | | バイオマス賦存量 | 2 | 20 | 2.6 | 16.2 |
| | | | ● | 対象用途の標準単価 | 3 | 20 | | |
| | 需給双方の外部環境が整っているか | | ● | バイオマス原料化の需要度 | 3 | 20 | | |
| | | ● | ● | 研究開発・事業化の進捗度 | 2 | 20 | | |
| | 対象地域が当該事業で勝てるのか | ● | ● | 地域内産業の強みの発揮度 | 3 | 20 | | |
| 環境価値 | バイオマス処理費用の低減に貢献するか | ● | | バイオマス処理費用の低減への貢献度 | (2) | 30 | 2.4 | 16.2 |
| | バイオマス・廃棄物量削減に貢献しているか | ● | ● | 廃棄物量削減への貢献度 | 3 | 40 | | |
| | CO ₂ 排出量を削減できるか | ● | ● | CO ₂ 排出量削減効果 | (2) | 30 | | |
| 社会価値 | 多くの雇用を生むことができるか | ● | ● | 雇用の創出 | (2) | 40 | 2.6 | 16.2 |
| | 多くの交流人口を生むことができるか | ● | ● | 交流人口の増加 | (3) | 30 | | |
| | 生活環境を改善することに繋がるか | ● | ● | 生活環境の改善 | 3 | 30 | | |

(資料) 日本総合研究所作成

(注) 公開情報から必要な情報が得られない場合は定性情報を基に点数の予測値を「()」付きで記載。

また、他のバイオマスと用途の組み合わせに対して、本手法を活用すると、事業系食品残渣を原料とした発電では11.3点、木材工業系残材を原料としたCNF製造では8.7点となった。事業系食品残渣は発生量が多く有効活用により処理費用の回避や生態系への影響の改善が見込めるものの、その用途がバイオマスの特性から発電・熱利用等に限られ、地域の産業の強みを活かした経済価値を生みにくいと考えられる。木材工業系残材も、CNFの原料となるものの、木材工業系残材の発生量が少ないため、現状のバイオマス・廃棄物の処理コストがそれほど高くなく、地域の生態系や生活環境への悪影響も大きくない。そのため、環境価値・社会価値の大きな向上は見込めないものと考えられる。

このように、本手法において竹由来CNFは、他のバイオマスと用途の組み合わせと比較して高い値が得られた。この結果は、薩摩川内市において、「薩摩川内市バイオマス産業都市構想」の策定にあたって検討が行われたうえで、注力する対象として竹由来CNFが選定された結果と一致するものである。したがって、この一例から、本手法の適用可能性を確認することができたと言える。

さらに、薩摩川内市における竹由来CNF製造の事例は、以下に示した四つの視点がすべて盛り込まれていることが確認できる。

A. 外部環境の変化を踏まえた需要動向に応じた用途を選択する視点

薩摩川内市が注力する方針を掲げているCNFは、供給側の技術的進歩と、需要側の認知度や安全性の確保の進展により、市場規模の拡大が見込まれている製品である。また、CNFは強度や軽さなど従来の

プラスチック素材よりも優れており、その機能性からも需要が高まっている。

さらに、2022年に閣議決定された新たな「バイオマス活用推進基本計画」においても、「化石資源由来製品代替としてバイオマスプラスチックの原料やセルロースナノファイバー、改質リグニン等のバイオマスのより付加価値の高い製品利用を推進しつつ、資源循環システムとの調和等を考慮した導入を促進していく」との文言が加えられた通り、こうした外部環境の変化を先んじて捉え、先行して自治体を挙げて注力している点は評価できるといえ、図表8でも高い点数を付与している。

B. 付加価値の高い用途を重視する視点

バイオマス活用に関する計画・構想を策定している自治体の多くが、バイオマス発電・熱・燃料などの用途に力を入れている。一方、薩摩川内市は高機能な素材（マテリアル）として期待されるCNF製造に注力する方針を掲げている点に着目したい。

CNFは、現在は市場拡大と価格安定の途上であり、乾燥重量1kg当たり10,000～50,000円と言われている。また、汎用プラスチックが1kgあたり200～300円、高性能エンジニアリングプラスチックが1kgあたり3,000～5,000円であることを踏まえると、CNFはその機能性から1kgあたり1,000～5,000円程度に落ち着くのではないかと予測される。

国内、とりわけ特定の地域において、バイオマス量が限られるなかで、事業収益として得られる経済価値を最大化するという観点からは、高単価の製品を製造することが望ましい。その観点から、他の用途が1kgあたり100円台などで取引されるなか、1kgあたり1,000～5,000円のCNF製造は経済価値を向上する一つの選択肢になると考えられる。

C. 地域の強みとなる産業を活かす視点

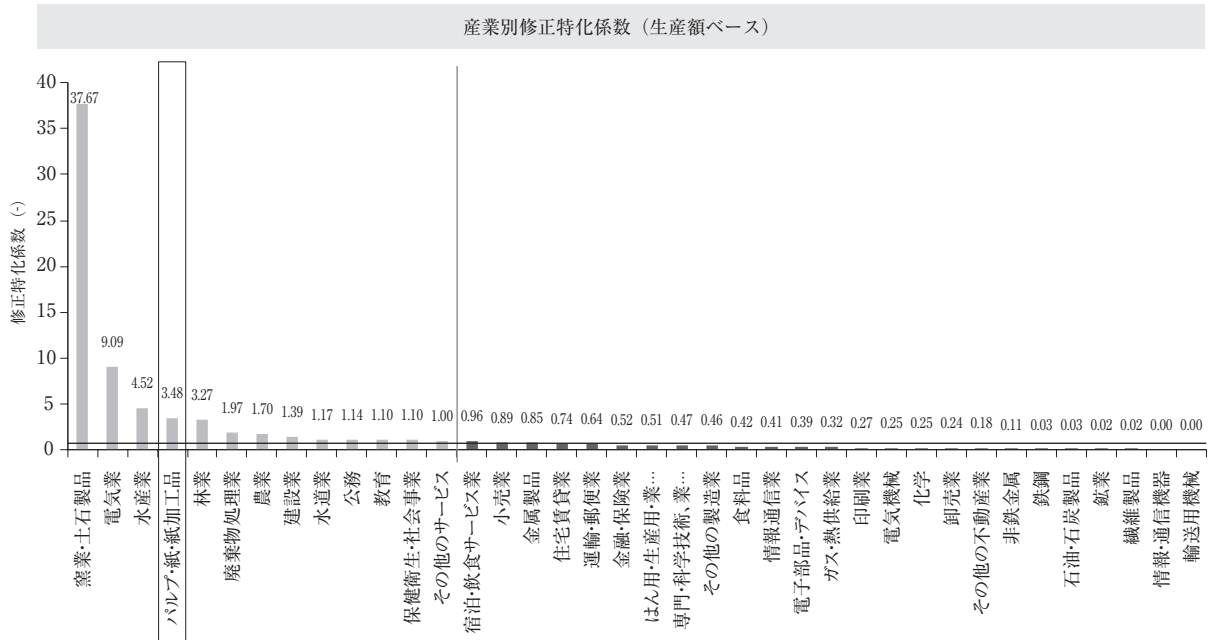
地域の強みを活かした産業発展の可能性については、修正特化係数を用いて点数付けを行った。図表9の通り、薩摩川内市において、特化係数が高く全国と比較して優位な産業は、窯業・土石製品、電気業、水産業、パルプ・紙・紙加工品、林業、廃棄物処理業等である。

なかでも、パルプ・紙・紙加工品事業者である、中越パルプ工業株式会社は竹を原料とした紙の製造に取り組んできた。竹をより高付加価値な商材に変換することができれば地産地消・外需獲得に繋げ、地域への価値を生む可能性もある。また、竹は燃料には積極的に利用しにくいという特性を持つことから、他の用途よりもCNF利用が適している可能性も高い。

D. 環境価値や社会価値の向上に貢献するバイオマス・用途を選択する視点

バイオマス活用によりもたらされる環境価値・社会価値は大きいと考えられる。薩摩川内市は、日本一の竹林面積を誇る鹿児島県において、市としては2番目の竹林面積を持つ。延べ2,000人の地域の伐採者により、年間約2万トンの竹を収集・処理・製品化する既存の仕組み・流れが存在している。また、竹は、カリウム・塩素を含有しており燃焼設備に悪影響を与えることなどから燃料には積極的に利用しにくいという特徴を持つ。一方、高齢化や担い手不足等により竹林の管理が行き届かなくなり、里山の環境悪化や鳥獣被害等の原因となる「竹害」が発生している。

(図表9) 薩摩川内市における産業別修正特化係数（生産額ベース）



(資料) 環境省 [2018] [11] より日本総合研究所作成

薩摩川内市内の竹は、資源としては全国のなかでも突出して豊富に存在している反面、「竹害」という負の側面も持ち合わせている。このように、竹は、バイオマス資源として利用できる余地が大きく、かつ、有効に利用することで地域への価値を創出する可能性がある。そのため、薩摩川内市において、竹の有効活用は、優先度を高く設定するべきであると言える。

E. 期待される効果

このように竹を原料としたCNF製造は、他のバイオマスと用途の組み合わせと比較しても、高い点数が得られ、経済価値・環境価値・社会価値の向上に繋がりやすい。こうした方針を説得力のあるかたちで明示することで、自治体内の関係各所や地域内のステークホルダーとの合意形成が進めやすくなると考えられる。

また、本手法では、自治体が各指標の点数付けに必要な情報を持っていれば、短期間で点数付けが可能で、地域が優先すべきバイオマスと用途を導くことができる。本手法は、現時点でバイオマス活用の計画を定めていない自治体や長期間見直しを行っていない自治体にとって、計画を策定する際の議論のきっかけづくりや促進に役立ち、最終的な計画策定までの期間を短縮することができるだろう。

(5) 手法の活用場面

本手法は、各自治体内でのバイオマスの活用に関する政策策定や、民間事業者によるバイオマス関連事業の地域選定に活用することができる。自治体として、比較的短期間のうちにバイオマスの活用の方向性を定めることができ、地域内の民間事業者、大学などの研究機関、地域外の連携先の事業者や研究

機関等との連携体制の構築に着手できる。また、各自治体にとって、外部環境および内部環境を概観したうえで、地域の強みの伸長や弱みの克服に資するバイオマス活用手法を示すことができる。

また、民間事業者も、バイオマスを活用した事業の対象エリアの選定や、一連のサプライチェーンの構築に、本手法を用いることができる。例えば、商社が、バイオマス活用事業を行う際に、特定の地域における自治体の方針や現状の定量情報、およびバイオマスの賦存量等をもとに、連携を図る地域の絞り込みに活用することも想定できる。

3. 本手法の課題

(1) 外部環境の変化に応じた計画方針の更新

本稿で提案した手法は、国内外の政策やバイオマス由来製品の競合となる製品の価格変動などの外部環境をインプット情報の一つとして用いている。したがって、これらの外部環境の変化に応じて、アウトプットとして導かれるバイオマスの用途は変化する。そこで、従来の法定計画のように5年スパンではなく、1、2年の比較的短いスパンでの見直しを行うことが望ましい。もちろん一度定めた方針に従って、特定の用途にバイオマスを活用する事業や取り組みがスタートするなかで、短期間で方針転換をすることは難しい。しかしながら、常に外部環境に応じてバイオマスの最適な用途を把握し、将来進むべき方向性を見定めておくことは重要である。このように外部環境に応じて、経済的、環境的、社会的な効果を最大化するバイオマスの活用手法は、適宜、見直すべきものであるという視点を持つことは、各地域においてバイオマスを持続的に活用していくためには有効であろう。

(2) 計画策定のインセンティブ設計

本手法を用いて、各地域でバイオマスの活用に関する計画・方針の策定がなされるためには、各自治体にとってのインセンティブ設計も併せて検討する必要がある。

バイオマス活用に関する計画・方針の一つであるバイオマス産業都市は、内閣府をはじめとする7府庁によって毎年、募集期間に応募した自治体のなかから選出される（農林水産省 [2022] [8]）。応募主体は、①市町村（単独または複数）、②市町村（単独または複数）と当該市町村が属する都道府県の共同、③①と②および民間団体等（単独または複数）との共同体も対象としている。バイオマス産業都市構想に選出されると、主に以下のような実務的な便益を享受することができる。

- (1) バイオマス関連の「助成金」や「補助金」を受ける際の「加点」になる
- (2) 関係府省の施策を活用できる
- (3) 関係府省によるサポートが受けられる（相談に対するアドバイスを受けられる等）

このように、各地域におけるバイオマス活用を進めるための足掛かりとなる計画・方針を策定した自治体に対して、次なる事業の立ち上げや継続促進に繋がるインセンティブ提供も併せて実施をすることで、各地域の自治体を中心に、バイオマス活用の計画・方針の策定が進むものと考えられる。

(3) 持続的な事業モデルの構築

地域に賦存するバイオマス活用の方針を定め、持続的なバイオマス活用による価値創出を実

現させるには、事業が持続する仕組みを作ることが必要である。そのためには、「A.既存産業のアセット・商流等の活用」「B.既存産業の価値向上」「C.環境価値・社会価値の可視化および経済価値への転換」等の視点が有効である。

A. 既存産業のアセット・商流等の活用

バイオマスを活用した産業拡大の障壁の一つに、設備購入や輸送網構築に初期費用がかかり過ぎることで製品単価が高くなり、市場に受け入れられなくなる、という構造がある。この構造から脱するには、既存産業のアセット・商流の有効活用が鍵となる。原料調達過程では、既存産業の静脈輸送用車両の空きスペースを活用して回収する手法が考えられる。また、生産・加工の過程でも、既存産業の設備・技術を転用する余地があると考えられる。

B. 既存産業の価値向上

バイオマス産業の価値を、地域産業の周辺価値とともに高めていくという視点も重要となる。例えば、一次産業における農作物のブランディングにつなげる、二次産業における製品の高機能化に役立てる、三次産業の宿泊施設・観光施設の体験価値向上に役立てるなど、バイオマスの活用を起点に周辺産業の活性化も狙う視点である。

C. 環境価値・社会価値の可視化および経済価値への転換

国産バイオマス由来最終製品の市場が形成されるためには、石油由来製品や輸入バイオマス由来製品といった競合品より機能性や経済性に優れている必要がある。一部の製品については、高機能かつ高単価な商材として扱える製品もあるが、汎用化学品や燃料等は機能面での差別化が難しく、経済性に関しても生産・加工規模の観点から競合品よりも劣る可能性がある。そうした状況下においても、国産バイオマス由来製品が需要家・消費者に選択されるためには、経済価値以外のGHG削減効果などの環境価値や、雇用の維持・創出等の社会価値を含めて評価されることが有効と考える。そのためには、まず環境価値や社会価値を定量化し経済価値に転換することで、石油由来製品や輸入バイオマス由来製品などの競合品よりも、総合的に優れていることを示すことが有効と考えられる。

バイオマスの活用により削減された二酸化炭素は、カーボンプライシング市場のなかで経済的価値に転換されうる。現在、日本では、化石燃料を輸入する企業が負担する石油石炭税に上乗せし、炭素税の一種である地球温暖化対策税を289円/t-CO₂上乗せして課税している。他方、欧州諸国は、炭素税率を2,000~6,000円/t-CO₂に設定しており、10,000円/t-CO₂を超える国もある。さらに、今後二酸化炭素価格が30,000円/t-CO₂を超えると試算もなされている。

政府は、2023年度から発行を予定しているGX経済移行債（仮称）の償還財源として、企業のCO₂排出に課金して削減を促すカーボンプライシングを活用する方針を示している。カーボンプライシングのうち、賦課金と排出量取引を柱に据える想定である。脱炭素に積極的な企業でつくる排出量取引市場「GXリーグ」が2023年度に稼働する。現時点において、日本では、公的機関が各企業の排出上限を定めておらず、取引への参加も企業の自主性に委ねられているが、経済産業省は2026年度から徐々に規制を強め

ていく方針を示している。2031年度以降は電力会社に対し、自社のCO₂排出枠をカーボンクレジットの購入により低減することを求める制度とする構想も示している。

さらに、EUは2026年からカーボンプライシングなどの取り組みが遅れる国からの輸入品に対して事実上の関税をかける国境炭素調整措置（CBAM）を本格導入すると発表した。排出への負担が重い欧州での生産と、負担の軽い地域とでコスト競争力に差がつかないようにするためである。欧州と同じルールが広がる可能性もあり、日本の輸出産業の競争力に影響する可能性もある。こうした情勢は、今後、さらにバイオマスの活用による環境価値に重きが置かれる可能性を示唆している。

4. おわりに

本論文で提案した、地域が注力すべきバイオマスと用途の組み合わせを示す手法は、各地域におけるバイオマス活用の方針を早期に定め、地域の経済価値・環境価値・社会価値を総合的に高めることができる。この手法の対象を特定地域から日本全体に広げることで、日本国内全体のバイオマス活用に関しても、同様に経済価値・環境価値・社会価値を高めていくことができると考えられる。

また、この手法では、地域の状況や方針等の内部環境、需要の高まりや技術的進展などの外部環境などの変化に応じて、過去のバイオマス関連の事業の中断・失敗要因などを分析するとともに、中長期的な外部環境の変化に応じたバイオマスの用途の組み合わせを都度、更新していくことも可能であろう。

本稿では、各地域においてポテンシャルを発揮しきれていないバイオマスを有効に活用していくための第一歩として、バイオマスと用途の組み合わせ策定手法を提案した。本手法で導出された方針に沿って、実際に事業が立ち上がり、最終的にバイオマスを有効に活用した経済価値・環境価値・社会価値の向上が現実のものとなることを待ち望みたい。

(2023.4.4)

参考文献

- [1] 農林水産省 [2002]. 『バイオマス・ニッポン総合戦略』、<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/biojapan-4.pdf>
- [2] 農林水産省 [2022]. 『バイオマス活用推進基本計画（第3次）』、https://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/bio_g/attach/pdf/220906-2.pdf
- [3] 林野庁 [2022]. 『木質のエネルギー利用の現状と今後の展開について』、https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_03_00.pdf
- [4] 林野庁 [2020]. 『令和3年木質バイオマスエネルギー利用動向調査結果』、https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/mokusitu_biomass/r3/index.html
- [5] 資源エネルギー庁 [2020]. 『バイオマス発電燃料の持続可能性の論点について』、https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/shin_energy/biomass_sus_wg/pdf/006_01_00.pdf
- [6] 農林水産省 [2010]. 『バイオマス活用推進基本計画』、<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/index-7.pdf>

- [7] THE WORLD BANK [1980-2022] 『Commodity Markets』、<https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets>
- [8] 環境省 [2021]. 『環境省五十年史』、<https://www.env.go.jp/content/000060904.pdf>
- [9] 農林水産省 [2022]. 『バイオマスの活用をめぐる状況』、<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/index-36.pdf>
- [10] 薩摩川内市 [2016]. 『薩摩川内市 バイオマス産業都市構想』、https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/b_sangyo_toshi/attach/pdf/b_kousou_all-3.pdf
- [11] 環境省 [2018]. 『地域経済循環分析 (2018_地域経済循環分析自動作成ツールVer.1.0)』、<https://www.env.go.jp/policy/circulation/index.html>