

第3章 バイオマスの生産・利活用方策

1 バイオマスの利活用技術

(1) マテリアル利用

現在、実用化もしくは実用化検討段階にあるバイオマスのマテリアル利用分野とその対象となるバイオマスは表のとおりであり、利用分野としては、主に飼料、肥料、建材・工業製品材料、エコプラスチックなどである。

マテリアル利用分野と対象バイオマス

利用分野	対象バイオマス	
飼料	産業廃棄物	糟糠類(米ぬか・ふすま) 油脂,ミートミール(肉粉), 魚油,魚粉,フェザーミール, 血粉 豆腐粕(おから) ビール粕(麦芽糖化粕) 果汁絞り粕
	一般廃棄物	厨芥,残飯
	家畜排せつ物	鶏糞
肥料・コンポスト	産業廃棄物	魚粉,肉粉,油粕等 樹皮(バーク),汚泥等
	家畜排せつ物	家畜糞
建材,工業製品材料	産業廃棄物	古紙,建築廃材,製材残材・端材
	農作物非食部	稲藁,籾殻等
	未利用作物	間伐材,竹,草木類等
エコプラスチック	農作物(糖類)	サツマイモ,トウモロコシ等
	未利用作物(リグニン,セルロース系)	間伐材,竹,草木類等

(2) エネルギー利用

現在、実用化もしくは実用化検討段階にあるエネルギー利用分野と対象バイオマスは表のとおりである。

なお、現時点では、バイオマスのエネルギー利用としてボイラー等による直接燃焼もしくは混焼が一般的である。しかし、大量の燃料を必要とする発電等での利用については、1箇所あたりのバイオマスの発生量が少ないことから効率が悪いので、バイオマス資源の集約化や輸送が容易になる形態への加工、より効率の高いエネルギー変換技術などに関する研究開発が必要である。

バイオマスエネルギー利用変換技術と実用化の状況

バイオマスエネルギー利用変換技術		実用化の状況
直接的利用	直接燃焼	
	混焼	
	固形燃料化(バイオブリケット等)	
熱化学的変換	部分酸化(ガス化)	
	急速熱分解(ガス化, 液化)	
	乾留熱分解(炭化)	
	水熱ガス化	
	水熱液化	
	スラリー燃料化	
	エステル化(バイオディーゼル油)	
生物化学的変換	メタン発酵(バイオガス化)	
	エタノール発酵(糖質系)	
	エタノール発酵(木質系)	
	アセトン・ブタノール発酵(糖質系)	
	水素発酵(糖質系)	
	光合成による光水素生産	
発電	蒸気発電	
	ガス化複合発電	

既に実用化済み 実用化検討段階 研究開発段階

- ・固形燃料化 : 未利用森林資源、有機汚泥廃棄物、廃油等を固形燃料にして利用
- ・ガス、液体燃料化 : 未利用資源、有機性廃棄物をガス、液体燃料に変換して利用
- ・バイオディーゼル燃料(BDF)製造 : 廃食用油を回収しバイオディーゼル燃料化しトラクターや自動車の燃料として利用
- ・メタン発酵 : 有機性廃棄物を発酵ガス化し、燃料として利用、残った処理汚泥は堆肥として利用

(3) 有効成分利用

バイオマスは生物由来の資源であることから、廃棄物においても機能性や生理活性が高いものや抗菌性があるものなど付加価値の高い有効成分が多く含まれており、農作物の非食用部等の残さ物や、水産廃棄物などから有効成分を抽出することにより、機能性食品や化学物質の原料等、経済的に付加価値の高い製品を製造することが可能である。

現在、実用化もしくは実証がなされているものは、次のとおりである。

実用例

- ・ 機能性食品の原料となるDHA、EPA、 ω -3-アミノ酪酸、タンニン、フラボノイド、テルペン類、リモネン、抗酸化物質、食物繊維
- ・ 抗菌繊維の原料として利用されるキトサン
- ・ 化粧品の原料となるコラーゲン

実証例

- ・ 通電透析法や通電透析発酵法により、バイオマスから有用物質（アミノ酸、有機酸、増殖促進物質、抗菌物質、制がん物質等）を回収し、効率的に発酵生産させる研究
- ・ バイオマスに糸状菌を生育させ、菌糸体や有機酸、生理活性物質などの高付加価値物質を生産させる研究

（４）カスケード的利用

バイオマスの利用方法については、最も付加価値が高い医薬品等の精製有価物（Fine material）から直接燃焼・消費する燃料利用（Fuel）まで、多段階の利用方法がある。

現在、ほとんどのバイオマス利用においては、各段階のみで利用・消費されているが、限られた資源を有効利用していくためには、製品として付加価値の高い順に可能な限り長く繰り返し利用し、最終的には燃料として利用するとともに、燃焼後の焼却灰についても有効利用を図るといった、カスケード（多段階）的利用を進める必要がある。

- ・ Fine material（精製有価物）： 医薬品、化成品原料
- ・ Food（食品）： 健康食品、サラダ油、精油・香料、食品添加物
- ・ Fiber（繊維）： 衣服、寝具類、自動車部品、断熱材等
- ・ Feed（飼料）： 油かす、茎加工くず等
- ・ Fertilizer（肥料）： 炭化（土壌改良剤、水質浄化剤など）
- ・ Fuel（燃料）： エタノール化、ペレット燃料



2 地域特性を活かしたバイオマスの生産と利活用

バイオマスの利活用を促進するためには、廃棄物系や未利用系バイオマスの有効利用にとどまらず、本県の地域特性を活かしたバイオマスの生産を促進するとともに、その多角的な利活用を図る必要がある。このため、豊かな森林、休耕田等の農地、そして海を活かした山のモデル（森林・竹林、畜産）、野のモデル（米、菜の花）、海のモデル（海藻）を提案するとともに、その生産性、利活用方法及び利活用量等の試算を示す。

(1) 山のモデル

ア 木質系バイオマス（森林・竹林）の利活用

近年、森林については、林業従事人口の高齢化や外国産の輸入木材との価格競争などにより、人工林の手入れが滞り、その荒廃が進んでいる。また、竹林が森林に入り込み、森林土壌の荒廃、さらには保水性の低下による土壌流出の危険性の増加など、環境保全の面からも問題が生じている。このような状況の中で、県土の約70%を森林が占める本県にあっては、豊かな森林資源を木質バイオマスとして、積極的に活用することが、林業振興や環境保全の点からも、非常に重要である。

(ア) 森林・竹林の利用形態

森 林

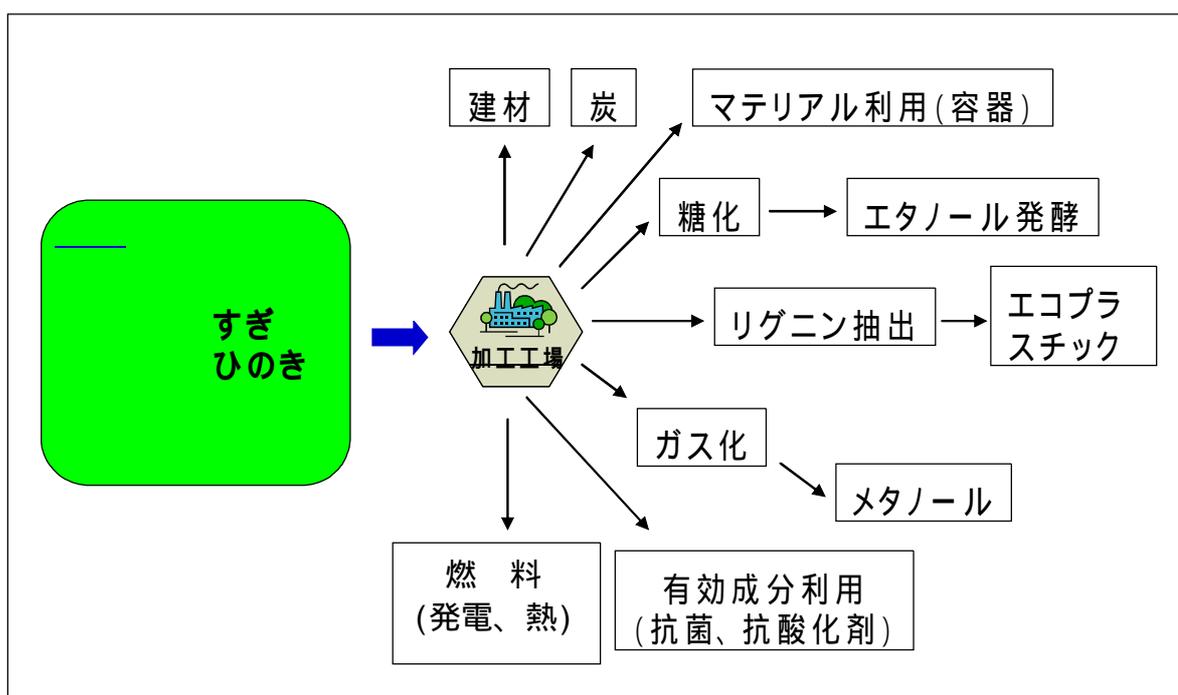
木材の利用としては、これまで、建材、炭の生産、あるいは燃料（発電、熱）としての使用が主なものであり、間伐材、加工残さの樹皮、残材などの有効利用は少ない。

これらの資源を有効利用するために、現在、

- ・木質の糖化によるグルコース化、エタノール発酵によりエタノールを生産する技術
- ・木質をガス化した後、触媒によりメタノールを生産する技術

が研究開発されている。

また木質に含まれるリグニンを抽出し、エコプラスチックであるリグニン樹脂の製造、残材や樹皮などの燃料化により、発電と熱を共に利用するコージェネレーションシステムが開発されている。なお、樹皮に関してはフェルギノールなどの抗菌、抗酸化物質を抽出し、利用することも進められている。



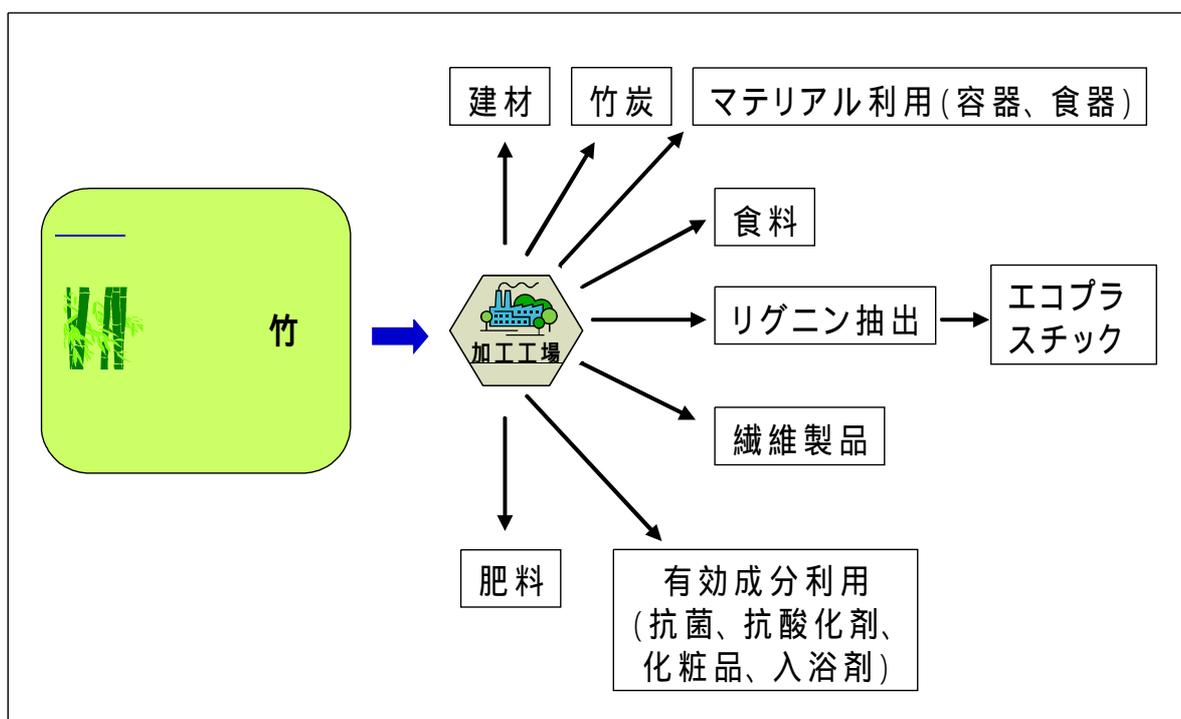
しかし、エネルギー化、燃料化にあたっては、効率面から規模の大きいプラントが必要となり、稼働率を保つためには効率的な木質バイオマスの収集・輸送システムの構築を図り、収集、運搬コストの低減対策を進めることが重要である。

竹 林

竹林は、これまでに食用筍、籠などのマテリアル、建材として利用されてきたが、近年、竹には抗菌成分、抗酸化成分をはじめ各種有効成分が含まれていることが分かり、竹抽出液、竹酢液などの生産や、化粧品、入浴剤にも使用されている。

竹は木材と同じようにセルロースとリグニンからできているため、このリグニンを抽出し、樹脂化することによりエコプラスチックの生産が可能である。また竹繊維からは衣料品やシルクのような肌触りのタオルなど、さらに紙コップのような容器類も生産することができる。これら容器類については中国では大量に生産されている。

我が国の竹林は本来、食用の筍を作ることが目的であり、近年の外国産筍の流入により手入れの行き届いた国内の竹林は少なくなり、管理が不十分となっているが、建材としての利用、有効成分の利用、繊維としての利用などにおいては、竹林の管理を徹底し、規格のそろった、まとまった量の竹材の産出が必要となる。



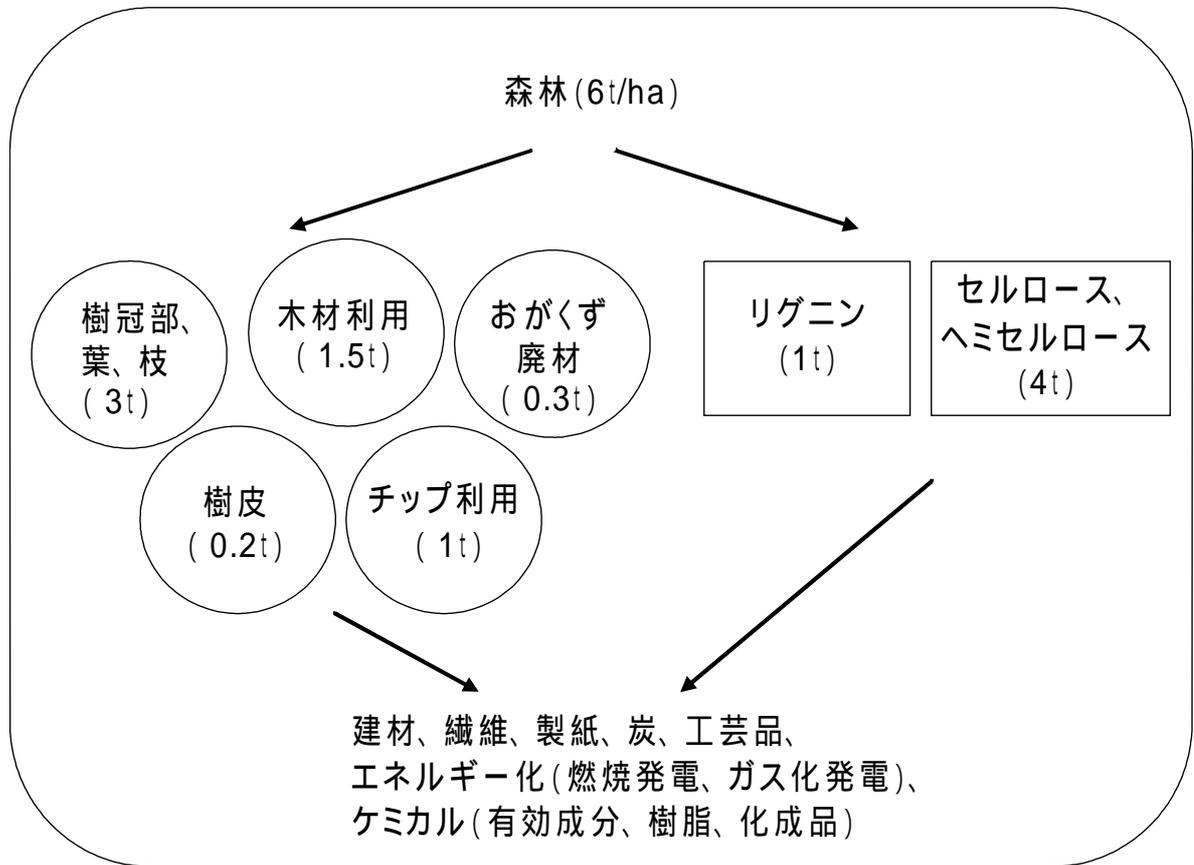
(イ) 森林・竹林の生産利用可能量

森 林

森林の年間成長量は樹種、場所によって異なるが、日本に多い杉の場合、手入れが行き届いた森林であれば一年間に6トン/ha(乾重量)程度の成長量になると考えられる。

このうち建材などの木材利用は1.5トンであり、その他のおがくず、廃材、樹皮、チップ利用など1.5トンが燃料あるいはマテリアル利用の原料として利用可能である。加えて、樹冠部、葉、枝などの林地残材を低コストで回収し、有効利用できれば、さらに3トンの利用が可能となる。

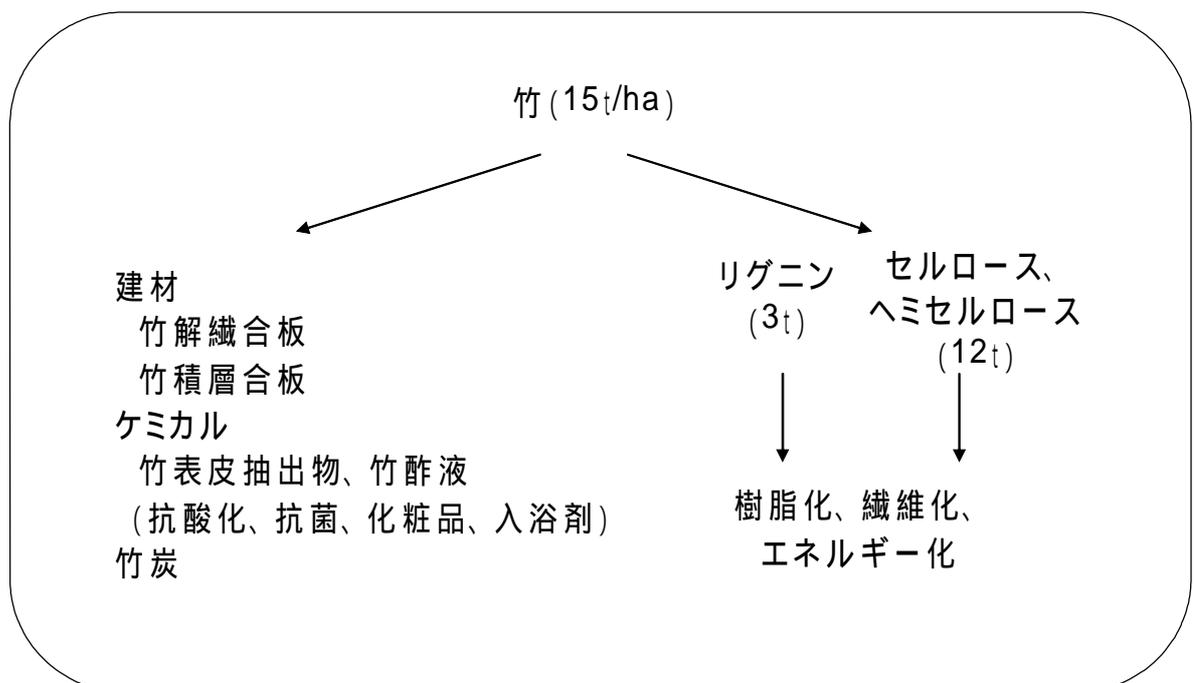
一方、木材成分を化学組成から検討すると、主にセルロースとリグニンに分けられ、6トンの木材のうち、約4トンはセルロースとヘミセルロースであり、これらは製紙、繊維原料として利用されるとともに、糖化することによりエタノール発酵や各種化学製品の合成が可能である。また、約1トンのリグニンは樹脂の原料として使用が可能である。



竹林

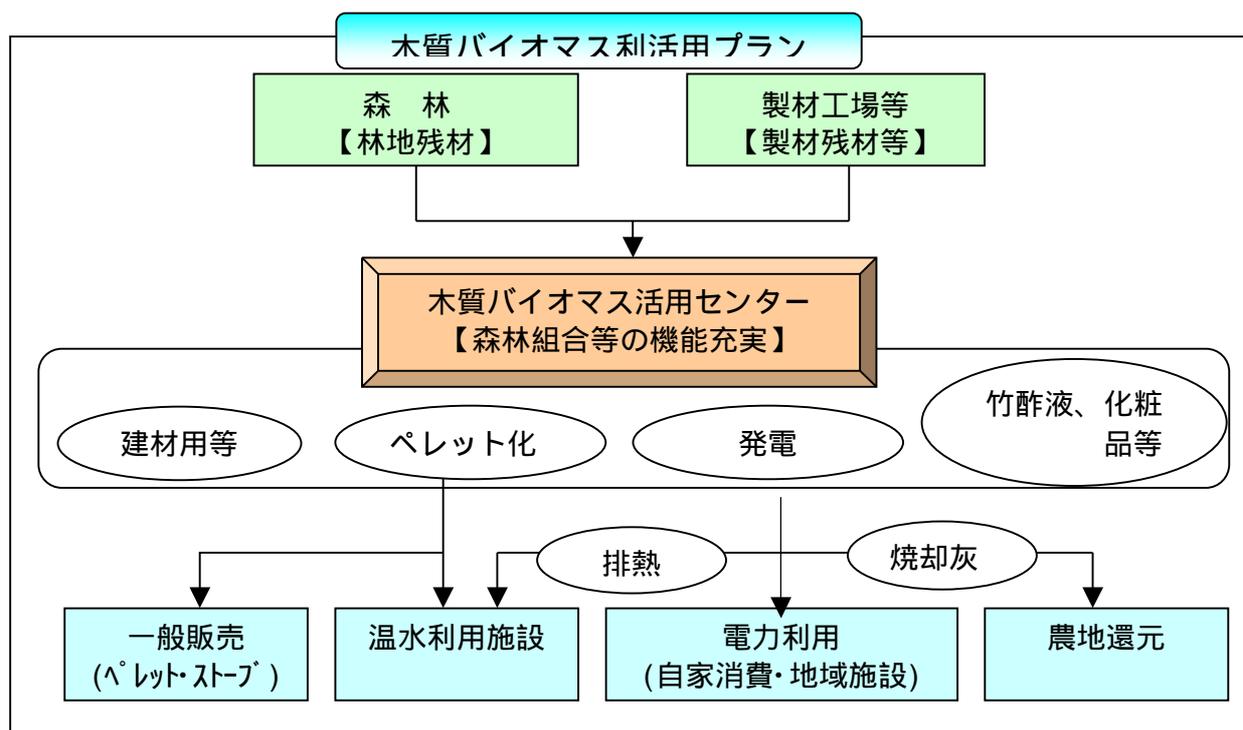
管理された竹林では一年間に1ヘクタールあたり15トンの竹を生産することが可能であり、竹の組成としては、15トンの竹について約3トンがリグニンであり、残りの12トンがセルロース、ヘミセルロースである。

竹の利用方法としては、建材、竹炭などのマテリアル利用、抽出リグニンによる樹脂化、残りをエネルギー化するなど様々な方法があり、管理の行き届いた竹林は観光資源としての活用も期待できる。



(ウ) 木質バイオマスの利活用プラン

地域内で発生・生産する木質バイオマスを森林組合等が中心となって、一体的に利活用を推進する下図のようなプランを想定し、その実現に向けた課題とエネルギー利用における建設・運営コストを検討した結果は次のとおりである。



プラン実現に向けた課題

多種多様なエネルギーを複合的に利用するにあたっては、できる限りロスをなくし、全体的にエネルギー効率を高める必要がある。初期段階は、「木質バイオマス活用センター(仮称)」内の施設だけで自家消費的な利用が想定されるが、木質バイオマスの収集体制の充実等により、施設を越えた地域全体での利用が可能となる。

・林地残材の搬出システムの確立

活用されていない林地残材を使うことは効果的ではあるが、残材の搬出は、コスト面の課題の他に林業労働者の高齢化・人材不足などの問題がある。

しかし、経済的な不採算性から山林に放置されている資源に付加価値を与えることが可能であれば、林業の活性化につながることから、効率的な搬出システムを確立していく必要がある。そのための小型搬出機械等の開発も必要である。

・森林組合等の組織機能の充実

このプラン運営の中心となる「木質バイオマス活用センター(仮称)」は、地域の森林組合などが運営することが望ましい。したがって、従来の林業支援という目的を越え、バイオマスの組織的活用と運営を考えた組織体制の構築が必要となる。

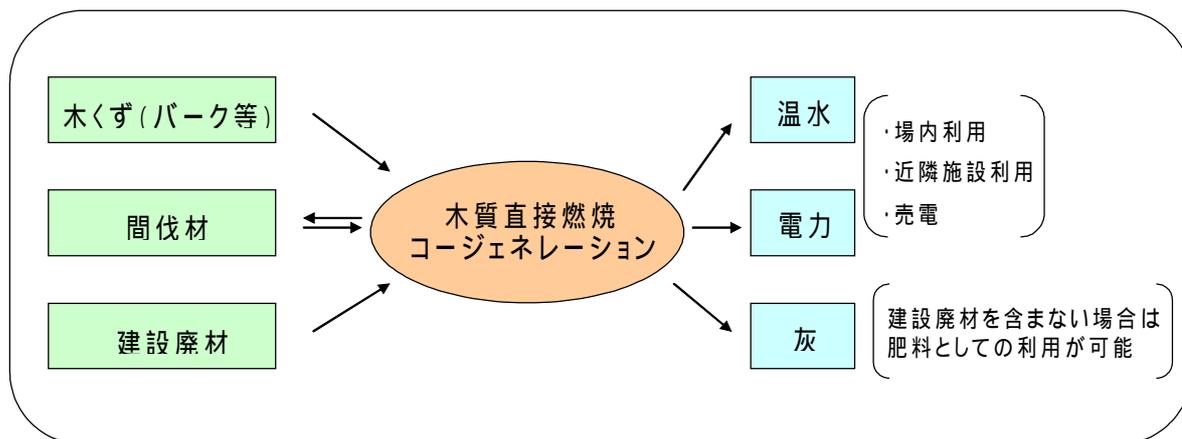
・各種の支援制度の充実化

現状では、バイオマス発電燃料化やペレット化ともに販売チャネルが弱く、また、化石燃料と比べて价格的にも劣っている。また、ある程度のスケールメリットも追求する必要があることから、プラント設備費もかなり高額となり、国等の補助金、特区制度などの活用を視野にいれて検討する必要がある。

木質バイオマスの直接燃焼による発電・熱供給施設の建設・運営コスト

木質バイオマスのエネルギー変換方式としては、直接燃焼方式とガス化方式があり直接燃焼ではボイラーと蒸気タービンによるコージェネレーションが、ガス化ではガス

タービンやガスエンジンによるコージェネレーションが可能となる。なおガス化は、直接燃焼よりも効率が高いため小規模の発電設備としては効果的であるが、現在、NEDO等で実証試験の段階であり、日本では本格的に稼働したものはない。一般にエネルギー変換効率は発電では10～30%程度であるが、熱の供給のみの場合は効率が良く、総合効率70～80%であることから、電気と熱の併用を図るコージェネレーションが有効となる。本県では、冬の期間が短いため、それほど熱源は必要としないが、癒し、観光の観点から、冬の暖房はもちろんのこと、温泉や、温水プールなどの一年を通して熱源を必要とする施設を併設すれば、環境面からも経済性からも効率の良い利用が可能になる。



ケース1：製材所廃材（パーク等）70%，建設廃材（30%）

設定条件	建設費，運転維持費	運転維持費
<ul style="list-style-type: none"> ・処理規模：150 t / 日 ・稼働日数：300日 ・低位発熱量：約2400kcal / kg ・発電出力：約2605kW ・発電端効率：約18% ・所内電力：約460kW ・送電電力：約2145kW ・余剰蒸気量：1024GJ / 日 	<ul style="list-style-type: none"> ・廃材処理施設 1357百万円 ・発電設備：346百万円 ・建設費：374百万円 	<ul style="list-style-type: none"> ・ユーティリティ費（薬剤費，用水費等）：105百万円 ・メンテナンス費：42百万円 ・人件費（600万円×14人） 84百万円 ・焼却灰処分費：8百万円
収入 <ul style="list-style-type: none"> ・工場内電力利用：10円 / kWh ・工場内熱利用：5円 / Mcal ・木質処理料金：9000円 / t（建設廃材） 		
設備投資回収年数は14年、国等の補助が50%ある場合は設備投資回収年数は9年となる。		

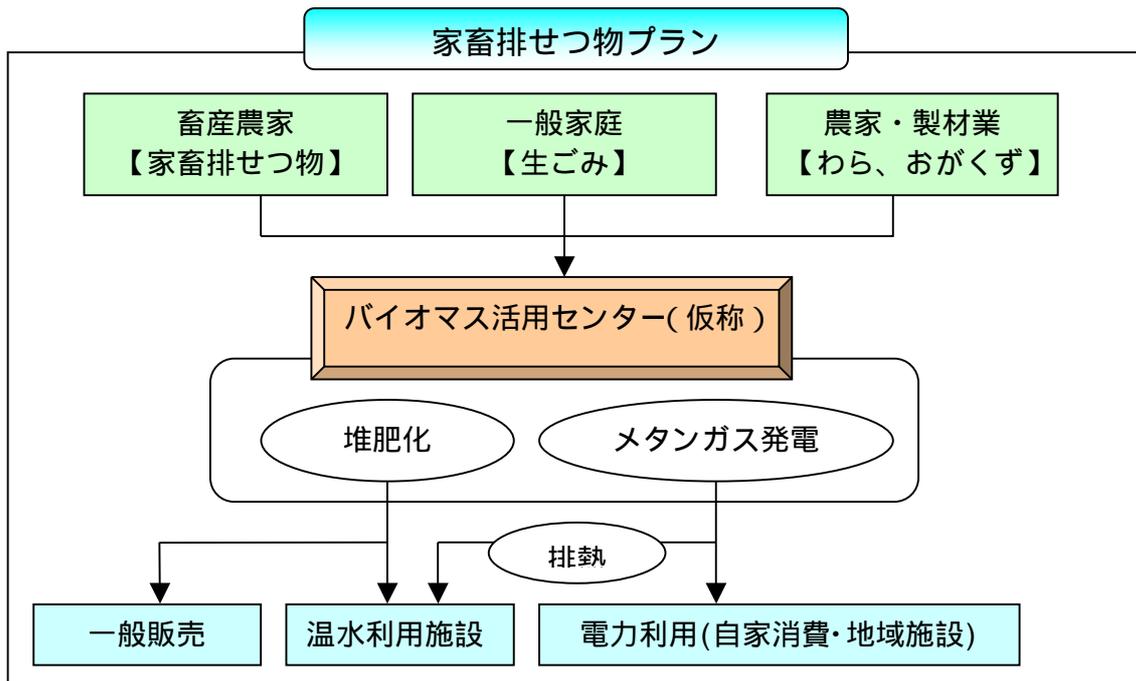
ケース2：製材所廃材（パーク等）60%，建設廃材（30%），間伐材10%

設定条件（ケース1に間伐材の下記条件を付加した場合）
<ul style="list-style-type: none"> ・間伐材の低位発熱量：約1900kcal / kg ・間伐材購入費：約12000円 / t
設備投資回収年数は18年以上、国等の補助が50%ある場合は、設備投資回収年数は11年となる。

資料：新エネルギー・産業技術総合開発機構「バイオマスエネルギー導入ガイドブック」を参考に作成

イ 家畜排せつ物の利活用

畜産業が盛んな本県では、大量の家畜排せつ物の発生があり、その活用については、既に一部の市町村で取組みが始まっている家畜排せつ物と生ゴミ等を混合した複合的なバイオマス活用が有効な対策である。については、これらの活用を継続しながら、新しくメタンガス及びこれに派生する排熱利用を加えるとともに、農家で発生するわらや、製材所等から発生するおがくずなども有効活用する複合的な利活用プランを提示するとともに、メタン発酵によるエネルギー利用における建設・運営コストの試算を示す。

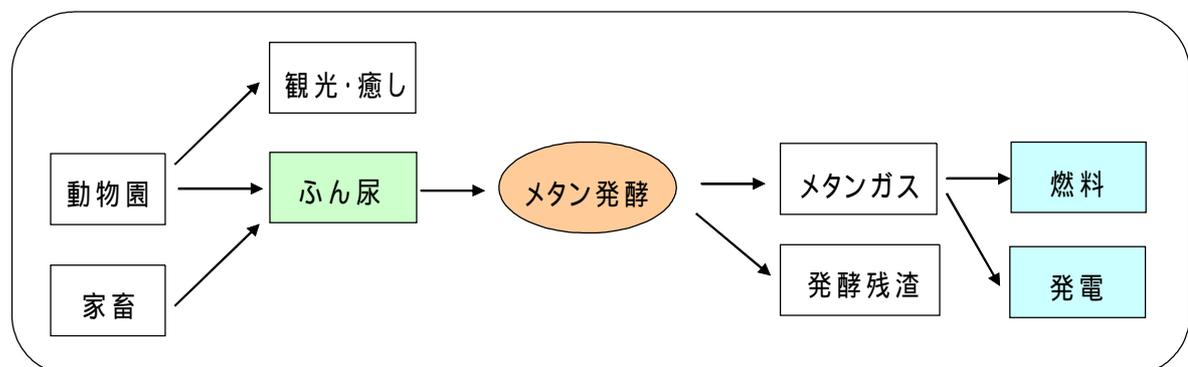


家畜排せつ物のメタン発酵による発電・熱供給施設の建設・運営コスト

メタン発酵による利用については、すでに実用化されており、日本でもいくつかの実施例がある。糞尿を発酵して得られたメタンガスを用いて発電するとともに、発酵残渣を肥料として使用する。畜産施設あるいは動物園など、糞尿がある程度の量排せつされる施設がある場合には、有効な処理法である。

その具体的な施設建設例として、ケース1：200トン/日並びにケース2：30トン/日の規模のメタン発酵設備を導入した場合のコスト計算例を示す。

なお、このように施設は、設備スケールが小さくなると採算性は悪くなる。したがって、施設導入にあたっては、地域全体で設備を構築するか、あるいは小規模の場合は、より効率のよい高効率型燃料電池などの最新設備の導入を検討する必要がある。



ケース1：糞尿搬出量200トン/日

設定条件	建設費	運転維持費
<ul style="list-style-type: none"> 糞尿搬出量：200 t / 日 (約3900頭) 稼働日数：300日 ガス発生量：6800m³/日 ガス単位発熱量：5148kcal/Nm³ 発電出力：500kW 発電端効率：32.1% 温水回収効率：42.5% 総合効率：74.6% 所内電力：215kW 送電電力：285kW 温水回収熱量：57470MJ/日 余剰温水量：16620MJ/日	<ul style="list-style-type: none"> メタン発酵施設：1532百万円 発電設備：282百万円 	<ul style="list-style-type: none"> ユーティリティー費（薬剤費, 用水費等）：6百万円 メンテナンス費：25百万円 人件費（600万円×3人）：18百万円
収入 <ul style="list-style-type: none"> 売電：3円/kWh 近隣施設熱利用：5円/Mcal 糞尿処理料金：40000円/頭・年 		
設備投資回収年数は20年，国等の補助が50%ある場合は設備投資回収年数は12年となる。		

ケース2：糞尿搬出量30トン/日（およそ600頭）

設定条件	建設費	運転維持費
<ul style="list-style-type: none"> 糞尿搬出量：30 t / 日 稼働日数：300日 ガス発生量：1080m³/日 ガス単位発熱量：5148kcal/Nm³ 発電出力：50kW 発電端効率：22.0% 温水回収効率：58.6% 総合効率：80.6% 余剰電力：0kW 温水回収熱量：11540MJ/日 余剰温水量：4785MJ/日	<ul style="list-style-type: none"> メタン発酵施設：550百万円 発電設備：111百万円 	<ul style="list-style-type: none"> ユーティリティー費（薬剤費, 用水費等）：4百万円 メンテナンス費：6百万円 人件費（600万円×2人）：12百万円
収入 <ul style="list-style-type: none"> 自社内電力利用：20円/kWh 近隣施設熱利用：5円/Mcal 糞尿処理料金：40000円/頭・年 液肥：1000円/t 		
設備投資回収年数は40年程度，国等の補助が50%ある場合は、設備投資回収年数は20年程度となる		

資料：新エネルギー・産業技術総合開発機構「バイオマスエネルギー導入ガイドブック」を参考に作成

(2) 野のモデル（米、菜の花）

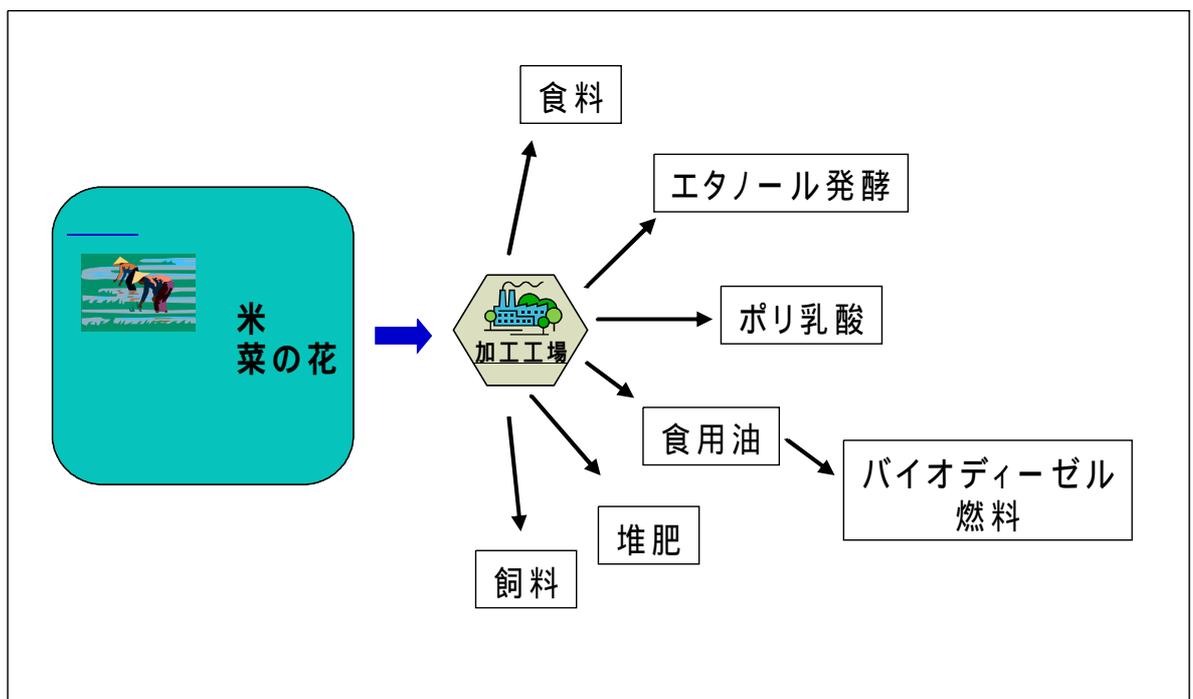
ア 米、菜の花の利用形態

稲は食料としてはもちろんのこと、エタノール発酵によるエタノールの生産や乳酸発酵による乳酸の生産、これを重合することによりエコプラスチックであるポリ乳酸を生産することも可能である。

このポリ乳酸は、熱には弱いものの、透明で丈夫な素材であるため、食器、容器をはじめとして各種用途に使用可能な素材である。

近年、休耕田や放棄田が増加し、田としての土壌の維持、管理が問題となっていることや、稲の生産方法はほぼ確立しており、効率的な生産が可能であることを考慮すると、非食用米の生産と利活用を図ることは、休耕田の維持、バイオマス生産の両面において有効な方策であると考えられる。

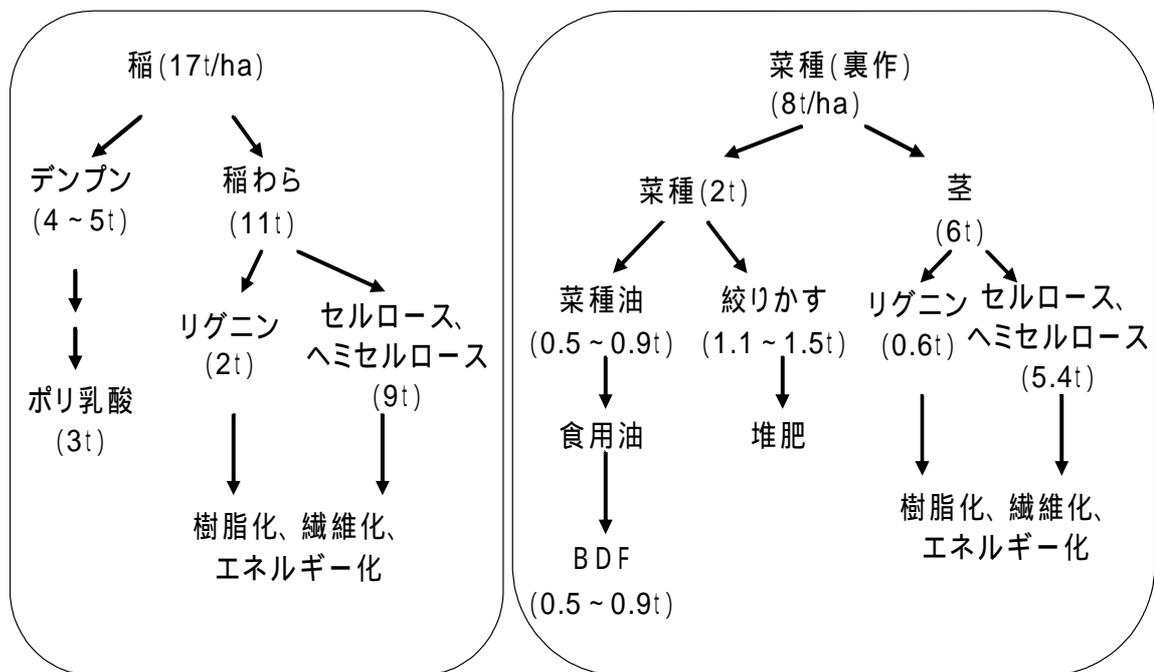
また、菜の花は稲作の裏作として栽培され、菜種は食用油に、また絞るかすは、飼料や堆肥に使用されてきた。使用後の食用油は、近年、軽油代替のバイオディーゼル燃料として再利用されるようになってきたが、まだその量はわずかである。これは廃食用油の回収が容易でないこと、またバイオディーゼル燃料製造におけるプロセス上のコストの問題等から軽油に対する競争力が十分でないことなどによるものと思われる。しかし、近年、固定触媒法、超臨界法などの新しいプロセスの研究開発が進んでおり、今後の進展が期待されている。菜の花の栽培は、県内においても観光面での活用などから、各地で進められるようになっている。



イ 米、菜の花の生産利用可能量

米については、1ヘクタールの水田で生産される稲はおよそ17トンであり、そのうち米は4～5トンである。この米をすべて乳酸発酵し、ポリ乳酸を製造した場合、約3トンのポリ乳酸が生産可能である。稲わらは、約11トンの発生であり、その成分は2トンのリグニンと9トンのセルロース、ヘミセルロースであり、これらは樹脂化、繊維化、あるいはエネルギー化などに利用可能である。

菜の花については、裏作として1ヘクタール当たり2トンの菜種と6トンの茎がとれる。菜種からは0.5から0.9トンの菜種油が作られ、BDFとしても利用可能である。茎の成分として0.6トンのリグニンと5.4トンのセルロース、ヘミセルロースが作られ、これらは樹脂化、繊維化、あるいはエネルギー化などに利用可能である。

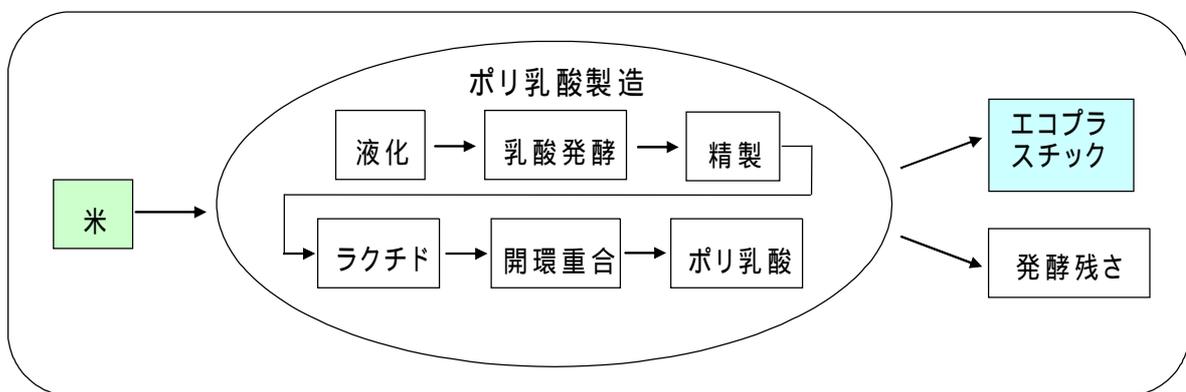


ウ 利活用プラン

非食用米からのエコプラスチック（ポリ乳酸）製造

日常生活においては、多くのプラスチック製品が溢れており、この原料として化石資源の約20%が使用されている。この化石資源から製造されるプラスチック製品を少しずつバイオマス为原料とするエコプラスチックに変えていくことは、地球資源を保護し、循環型社会を構築する上で重要な課題である。近年、ポリ乳酸やリグニン樹脂など、種々のバイオマスを原料とする樹脂が研究開発されている。この中でも特にポリ乳酸は澱粉を原料として製造され、すでに実用化されているものである。

ポリ乳酸製造のための澱粉採取用非食用米生産は、田畑の保持ならびに循環型社会構築のためのエコプラスチック生産において、非常に優れた方法であると考えられ、非食用米の利活用プランを提案するとともに、ポリ乳酸製造施設の建設・運営コストの試算結果を示す。



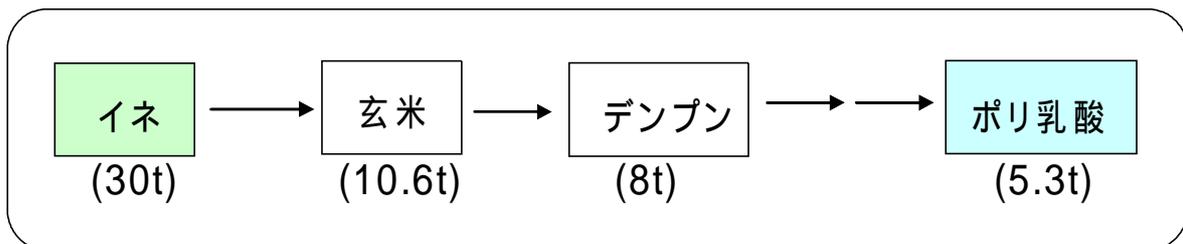
非食用米によるポリ乳酸製造施設の建設・運営コスト

具体的な施設整備の例として、1000 t /年のポリ乳酸製造設備を導入した場合のコストは次のとおりである。

イネ30トンから製造できるポリ乳酸は約5.3トンとなり、年間生産量1000トンから逆算すると原料の玄米は約1890トンとなる。これを170百万円でまかなうには、玄米1kgあたりおよそ90円になる。国等の補助が受けられ建設費の50%の補助が得られた場合には玄米1kgあたりおよそ120円となる。いずれにしてもかなり効率のよいイネの生産が必要となるものと思われる。

なお食用米イネの一般的な平均生産量は17トン/haであり、非食用米として効率のいい品種を選択し、30 トン/haのイネの生産量で生産できるとして、1890トンの玄米を得るには180haの生産面積が必要である。

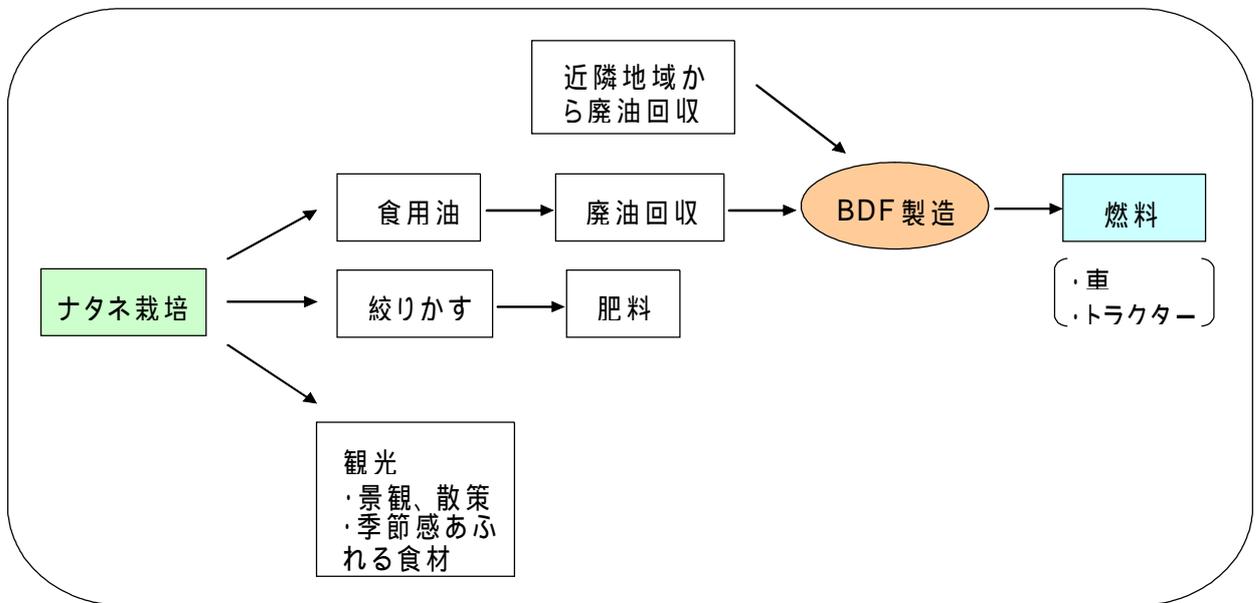
設定条件	建設費	運転維持管理費
・ ポリ乳酸生産規模： 1000 t /年	建設費：2300百万円（20年償却として年間115百万円/年）	運転維持,管理費： 115百万円/年
支出 ・ 建設費 + 運転維持,管理費 + 原料費（米） = (230百万円 + 原料費（米）)/年		
収入 ・ ポリ乳酸売価400円/kg × 1000t = 400百万円/年		
設備投資回収年数は20年として計算すると、損益分岐点は 230百万円 + 原料費（米） = 400百万円 したがって、年間の原料米の費用は170百万円になる。		



菜種からのバイオディーゼルフューエル（BDF）製造

バイオマスを原料とする動力用燃料としてはバイオディーゼルフューエルが実用化されている。これは油脂をメタノールでエステル化することにより低分子化し、ディーゼルエンジンの燃料として使用するものである。なたねやひまわりは栽培が容易な油糧作物であり、このなたねを稲作の裏作や休耕地で栽培し、食用油を採取し、直接又は使用後の廃食油を原料としてBDFを製造することにより、車やトラクターなどの燃料の供給が可能となる菜種の活用プランとしてBDF製造を提示するとともにそのコスト試算の結果を示す。

なお、BDFの製造方法としてはアルカリ触媒法が実用化されているがオイルの精製や廃水処理の問題などがあるため、超臨界流体を用いた方法や、固定触媒を用いた方法が研究開発されている。



菜種からのBDF製造施設の建設・運営コスト

具体的な設備例として、200リットル/日のBDF製造（アルカリ触媒法）設備を導入した場合のコスト計算例を示す。

なお、1haで栽培した菜種からとれる食用油の生産量をおよそ1000リットルとすると、上記設備をすべてまかなう食用油を生産するのに必要な栽培面積は50haとなる。

設定条件	建設費	運転維持費
・処理規模：200L/日 ・BDF精製量： 180L/日（90%） ・稼働日数：250日	・建設費：1550万円	・ユーティリティー費（薬剤費、用水費等）：104万円 ・メンテナンス費：23万円 ・人件費：86万円 ・グリセリン等処分費：23万円
収入 ・BDF販売費：350万円（78円/L × 180 L/日 × 250日）		
設備投資回収年数は20年以上、国等の補助が50%ある場合は、設備投資回収年数は12年となる。		

資料：新エネルギー・産業技術総合開発機構「バイオマスエネルギー導入ガイドブック」を参考に作成

