

資源作物のエネルギー利用可能性 ーエリアンサスの特徴と栽培・利用実態ー

元田 治・朝倉 梓・土肥 哲哉^{*1}・蝦名 真澄^{*2}

Energy availability of resource crops - Characteristics of Erianthus and actual cultivation and utilization -

Osamu Motoda・Azusa Asakura・Tetsuya Doi・Masumi Ebina

高砂熱学イノベーションセンター（以後、イノベーションセンターと呼ぶ）の圃場（以後、IC 圃場と呼ぶ）では、現在資源作物の一つであるエリアンサスを栽培し自家消費の循環を目指している。資源作物は、近年耕作放棄地や荒廃農地に係る問題を解決できる、新たなエネルギー資源としての可能性が注目されている。しかし、法や制度整備が不十分なこともあり、栽培事例は増えているものの、ビジネスとしての事例は限られている。当社技術やノウハウを起点に、地域の材を有効活用した資源循環とエネルギー循環を構築するビジネス展開を目指す中、資源作物の利活用に向けた取組みについて報告する。

1. はじめに

再生可能エネルギーの中で、動植物に由来する有機物で化石資源を除いた再生可能な資源であり、その利用が大気中の二酸化炭素を増加させないカーボンニュートラルな資源を、バイオマスエネルギーと呼んでいる。バイオマスは、廃棄物系、未利用系、資源作物に分けられる（**図 1** 参照）。

京都議定書締結以降、温暖化対策推進に関する法律（温対法）が制定、2002 年 12 月にはバイオマス政策の基礎となるバイオマス・ニッポン総合戦略が閣議決定された（2006 年 3 月改定）。バイオマスからエネルギーやバイオプラスチックの生産を長期目標とし、資源作物についてもバイオ燃料への可能性があるとして、バイオエタノール利用研究が各所で進められた。現在 BDF（Bio Diesel Fuel：バイオディーゼル燃料）等段階的な市場化が進んでおり、将来的には大規模市場である SAF（Sustainable Aviation Fuel：代替航空燃料）へとつながるロードマップが描かれている。一方、資源作物の中でも草本系について、直接燃焼によるエネルギー利用は栃木県さくら市での温水ボイラ利用など実用例が出始めており、木質バイオマスと比較すると利用は進んでいないものの木質バイオマスを補完する役割として期待されている。

本報では、イノベーションセンターでの栽培・利用の実態と、資源作物全般の特徴とそのエネルギー利用可能性について説明する。

*1 一般社団法人 日本有機資源協会

*2 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門・畜産飼料作物研究拠点 畜産研究部門・飼料作物研究領域 飼料作物ゲノムユニット

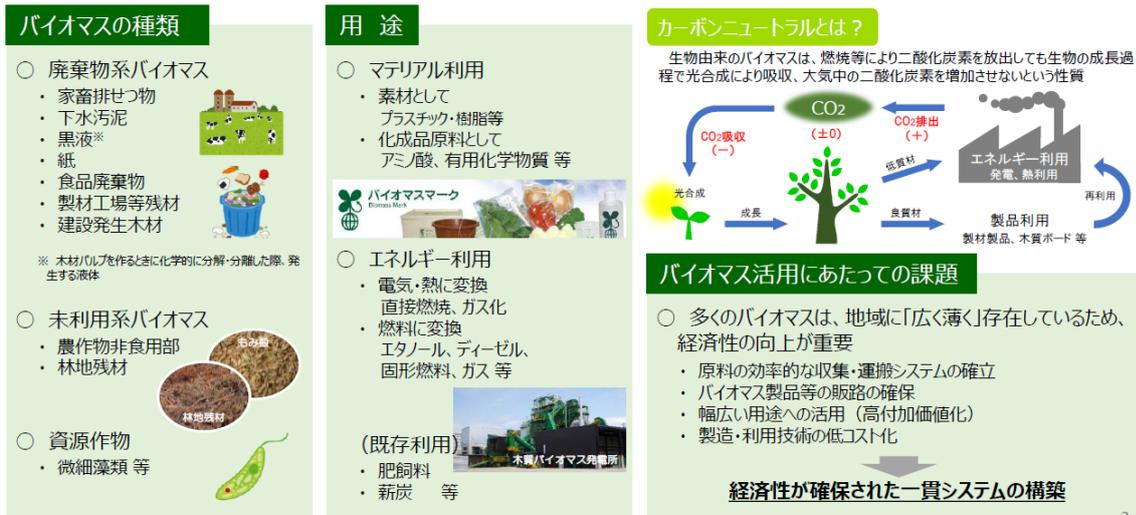


図1 バイオマスとは¹⁾

2. イノベーションセンター圃場での栽培

2.1 植付状況

図2に、イノベーションセンター圃場の植付状況を示す(図2、写真1)。栽培品種はエリアンサス、ジャイアントミスカンサスの2種類とし、エリアンサスは2020年5月に、ジャイアントミスカンサスは2021年5月に定植して合わせて1,500株超を栽培している。エリアンサスは、国立研究開発法人国際農林水産業研究センター(国際農研 JIRCAS)と国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構(農研機構 NARO)が共同で育成した品種「JES1(第27533号)」であり、種子で増殖する品種として2019年に品種登録されたものである(2019年8月16日官報告示)。また、ジャイアントミスカンサスは国内外で広く普及されているイリノイ種である。

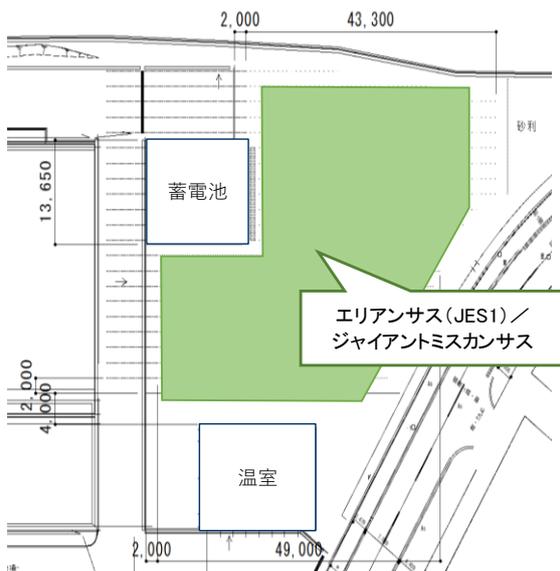


図2 植付状況



写真1 圃場概況(2021年10月撮影)

2.2 イノベーションセンターのバイオマス循環フロー

自家消費の循環を目指した、イノベーションセンター内でのバイオマス循環フローを図3に示す。エريانサスおよびジャイアントミスカンサスは、毎年冬季には立毛乾燥という「立ち枯れ」状態となり、この時期に収穫を行う。2月~3月に膝下の高さで刈り取った資源作物は10月頃には4mの高さまで生育する。収量は定植3年目以降が最大となり、以降十数年にわたっての長期収穫が可能となる。収穫作業には飼料栽培で使用されるハーベスタ（収穫機）を用いて収穫と同時にピンチップ状に細断後、ペレット成型し、バイオマスボイラの燃料として直接燃焼による熱利用を行っている。

イノベーションセンターの主電源であるバイオマス CHP（Combined Heat and Power：バイオマス熱電併給設備）には燃料となる木質チップのうち細かい木屑や粉は機器に投入せず、燃料から除外される。これらの除外された木屑や粉は産廃処分せずにペレット成型の原料にすることで再利用することができる。イノベーションセンターではバイオマス CHP の点検時等停止時のバックアップ用として、またラボ棟での蒸気利用にバイオマスペレットを燃料としたバイオマス蒸気ボイラを設置している。このバイオマスボイラ燃料に、常時発生するバイオマス CHP の木屑等と場内栽培している資源作物を混合したペレットを使用することで、効率的な施設内利用を図っている。



図3 イノベーションセンターのバイオマス循環フロー

2.3 栽培と利用の経過と今後の評価

イノベーションセンター圃場は工場残土の礫の多い土壌であり、2020年5月にエريانサスを定植した時期は降雨量も少なく生育が心配されたものの、梅雨入り前に散水、施肥を実施、梅雨入り後に除草を実施、夏季以降順調に生育した（写真2）。2021年3月に初めての収穫を行い、約600kgの収量を得た。イノベーションセンターに植え付けた品種（JES1）および栽培方法では3年目以降には1ヘクタールあたり年間20,000kg~25,000kgの収量が得られる予定であり、イノベーションセンター圃場では3,000kg~3,750kg程度の収量が見込まれる。これは、仮にエريانサスを30%、木質を70%配合したペレットを製造した場合10,000~12,500kg/年の製造量となる。イノベーションセンターのバイオマスボイラで利用した場合、バイオマスボイラは常時稼働を想定していないため、場内で発生する木屑等と栽培するエريانサスを配合したペレットを製造できれば、年間を通して燃料を外部調達することなくイノベーションセンター内で循環利用できる量が賄えるものと見ている。定植後2年目にあたる今年度のエريانサスは、2021年10月には身丈は平均で3m超、中には4mに達する株もあり順調に生育している（写真3）。一般的に定植3年目以降は安定した高収量が確保でき、施肥や除草剤散布など栽培コストを抑えた管理が可能となる。各外部機関と連携して評価データを蓄積し独自の知見やノウハウに結び付ける予定である（表1）。



写真2 定植初年度の栽培状況

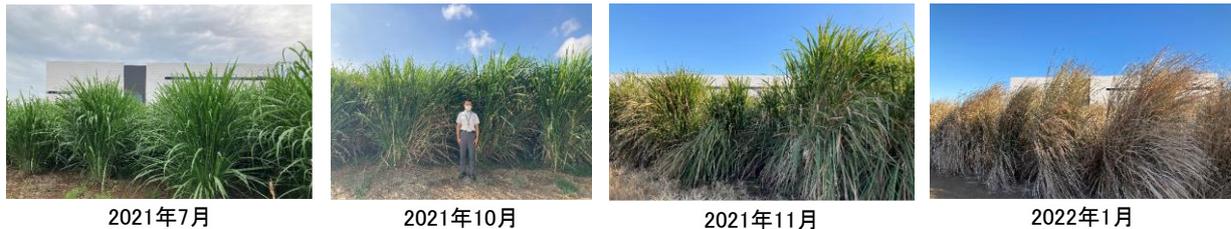


写真3 定植2年目の栽培状況

表1 評価内容

No.	項目	評価内容
1	成育調査	定点観測、ドローン撮影、個体調査、株周・直径測定、左記の経年データ蓄積
2	栽培管理	施肥、除草剤散布、機械除草等栽培管理の効率化・低コスト化
3	土壌分析	土壌分析(化学性)、炭素貯留量測定、左記の経年データ蓄積
4	収穫調査	収量データ蓄積
5	性状分析	成分分析データ蓄積
6	ペレット分析	ペレット性状分析、燃焼データ蓄積、木質その他配合ペレットの利用データ蓄積

協力機関：(一社)日本有機資源協会、(国研)農業・食品産業技術総合研究機構、株式会社タカノ、東京大学

3. 資源作物の特徴と可能性

3.1 資源作物の特徴²⁾

資源作物は、糖質系、デンプン系、セルロース系の三種類に大別され、エリアンサスやジャイアントミスキャンサスは、セルロース系の多年草である。セルロース系は、糖化しなければバイオエタノールができず、糖質系やデンプン系よりもコストがかかるというデメリットがあるためバイオエタノール製造には向いていない。国内栽培事例の多い四種を**表2**に示す。中でも多年草で収量があるエリアンサスおよびジャイアントミスキャンサスは国内栽培に適している。燃料品質としての特徴を**表3**に示す。木質(表中ではスギ木粉)とほぼ同等の発熱量を持つことや、草本系の中では比較的灰分の低いことから、ボイラー等の燃料として利用することに向いていると言える。栽培適地として、エリアンサスは九州以北～東北南部が、東北南部以北は寒さに強いジャイアントミスキャンサスがそれぞれ有望である。エリアンサス、ジャイアントミスキャンサスの特徴を**表4**に示す。

表2 資源作物の比較³⁾

名称	エリアンサス	ジャイアントミスカンサス	ネピアグラス	ソルガム
写真				
種類	イネ科多年草	イネ科多年草	イネ科多年草	イネ科一年草
栽培適地	九州以北、北関東以南で栽培可能	九州以北北海道西部まで	熱帯・亜熱帯のみで永年栽培可能。九州以北では単年利用。	全国(夏季のみ、沖縄は通年)
利用	宿根性で移植後は10年以上継続利用可	宿根性で移植後は10年以上継続利用可	宿根性で移植後は10年以上継続利用可	毎年種まきが必要で手間がかかる
収量 ^{注)}	50t/ha	40t/ha	50t/ha	18t/ha
施肥	低肥料で永続的利用が可能	低肥料で永続的利用が可能	適切な施肥管理によって収量が維持できる	適切な施肥管理によって収量が維持できる
乾物率	冬季は乾物率が70%となる	2月以降乾物率が80%を超える	年中生育期間であるため乾物率は50%以下	立毛乾燥条件では倒伏しない品種は限定
雑草化	九州以北では種子は稔実しない	開花するが種子ができず、雑草化しない	種子稔性は乏しいが沖縄では繁茂	種子は穀類として利用できる
資源作物適性	◎(福島沿岸部以南・九州以北)	◎(寒冷地で高い適性)	○(熱帯、亜熱帯のみ)	△(高い栽培管理が必要)

注)収量は小プロットでの栽培試験のデータ(実収量は概ね半分程度となるので注意)

表3 エリアンサス、ジャイアントミスカンサスの燃料品質³⁾

原料	高位発熱量 (kcal/kg乾物)	低位発熱量 (kcal/kg乾物)	灰分 (乾物ベース%)
エリアンサス	4403~4650	4015~4168	2.9~5.6
ジャイアントミスカンサス	4368	3984	4.4
スギ木粉	4570	4220	0.3
稲藁	3080	2780	22.6
籾殻	3390	3080	14.6
シバ「朝萌」	4440	4100	6.4
ソルガム「風立」	4070	3720	6.2
ライムギ「春一番」	4200	3720	6.2

表4 エリアンサス、ジャイアントミスカンサスの特徴⁴⁾

1.非常に効率的な非食用作物	<ul style="list-style-type: none"> ・多年生草:一度植えて、20年以上持続 ・最小限の栄養素、水、除草剤(農薬)の要件、熱と干ばつに強い
2.土地利用、農地の維持	<ul style="list-style-type: none"> ・荒地を防ぎ、農地を守る ・耕作放棄地等食用に向かない条件の良くない土地での生育が可能 (国内耕地440万haのうち約10%42万haが耕作放棄地で年々増加。担い手不足対策のない状況)
3.土壌、水質への効果	<ul style="list-style-type: none"> ・土壌中に高い炭素を蓄積(BECCS(Bioenergy with Carbon Capture Storage:二酸化炭素の回収・有効利用・貯留)の可能性) ・土壌や水質の改良効果(硝酸塩の浸出削減、土壌侵食が作物の中では少ない)
4.生産性、ビジネスへの利用	<ul style="list-style-type: none"> ・安定した長期計画生産が可能 ・低水分、高吸収性、低灰分、ミネラル含有量 ・高収量:20トン~25トン/ha・年 ・稔実しないため雑草化しない(生態系かく乱がない) ・木質と同等の発熱量、他の草本と比べて低い灰分

3.2 資源作物の利用事例と可能性

国内では国や大学等の研究機関、自治体や民間企業等多くの栽培事例があり、九州以北ではエリアンサスやソルガム、東北以北ではジャイアントミスカンサス等が栽培されているが、どれも小規模な試験栽培がほとんどである。バイオエタノールやバイオガス（メタン発酵）利用等バイオ燃料については、研究段階から市場化段階へと進んでいる状況であるが、直接燃焼によるボイラ利用は栃木県さくら市で官民連携の実用化が行われている。株式会社タカノが農研機構技術支援のもと栽培・燃料化を行い、2016年にさくら市が市の温浴施設で灯油ボイラの代替にバイオマスペレットボイラを導入、年間約250 t-CO₂の地域脱炭素に貢献している（図4）。栽培種はエリアンサス（一部ジャイアントミスカンサス）である。現在の栽培面積は約10 haに拡大しており、国内先行事例として広くメディア紹介され、最近は自治体や民間企業等の見学者が急増している。2018年～2019年に、さくら市事例を参考にバイオマス導入FSをNEDO事業⁵⁾で実施したことが、当社が資源作物に関与したきっかけとなった。



図4 栃木県さくら市事例⁶⁾

バイオマスは地域の材をいかに有効利用するかが重要である。資源作物は木質バイオマスと比較すると短時間で高収量の計画栽培が可能であり、栽培面積と事業性のバランスが必要ではあるが木質バイオマスの補完燃料としての可能性がある。国内普及には、施設単位での利用を想定した数百kWクラスの小型ボイラ（温水または蒸気）導入が考えられる。また、東南アジアで生産した資源作物を輸入して大型バイオマス発電所で利用する計画も出て来ている（新潟県北蒲原郡聖籠町）。その他にも、燃料以外の用途では、国内で高騰し入手が困難となっているオガ粉の代替としての畜産農家向けの敷料利用の普及が進み、資源作物にとって新たな市場が獲得できつつある。

海外においては、資源作物はヨーロッパやアメリカで既に普及しており、数千～万ha単位での大規模生産が行われている。大型発電所の燃料として利用され、また、畜産農家向けの敷料利用も多い。大規模生産農家にとって、干ばつに強く水資源を不要とする点や化学肥料や除草剤をほぼ使わないため地力を損なわない有機農業生産はメリットが大きい。

今後の用途拡大として、上記の他にバイオプラスチック原料やリグニン利用等のマテリアル利用が期待できる。バイオプラスチックはヨーロッパでは実用化され民間企業が参入を始めている状況である。また、炭化利用やCO₂回収としてのネガティブエミッション技術との融合も研究段階から一段先へと進む勢

いであり、市場を待たずに進める研究機関や民間企業の競争が既に始まっている。

国内の施策では、農林水産省が「バイオマス利用技術の現状とロードマップ」を2年ごとに見直す、ここ数年はエリアンサスが「今後実用化が期待される技術事例」としてトップ紹介されている（図5）。また、2021年5月に「みどりの食料システム戦略」が新たに策定された。この中で「地球にやさしいスーパー品種等の開発・普及」が掲げられ、資源作物の更なる品種改良があげられている。利用の推進に向けた新たな施策が増えているものの、食料競合の議論が解決されておらず米や他の農作物のような転作奨励対象にはなっていない等の問題もある。エネルギーの面からは、固定価格買取制度（FIT）の対象外となっている。法整備や制度支援等インフラ整備が当面の課題とされる。

Ⅲ-1. 新たな「バイオマス利用技術の現状とロードマップ」(概要)

- 平成24年9月、「バイオマス事業化戦略」と併せて決定された「バイオマス利用技術の現状とロードマップについて」（以下、「技術ロードマップ」という。）について、関係府省、国立研究開発法人等からの情報を基に見直しを行い、新たな技術ロードマップは令和元年5月に決定。
- バイオマスの利用技術の到達レベルを一覧性をもって俯瞰して見ることができる技術ロードマップを産学官共通のプラットフォームとして、技術開発の進展状況に応じ、効率的かつ効果的に研究・実証を進め、実用化段階にある技術は事業化に活用。

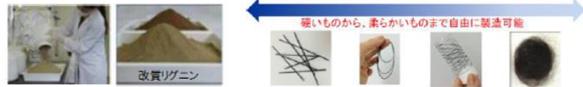
新たな技術ロードマップのポイント

- 新規追加した技術 7件
更新・見直した技術 31件
変更なし 17件
- 実用化、実証、研究の技術レベル毎に一覧表で技術を整理
- 期待される技術ロードマップの利用方法等についてFAQで整理
- ◆ 追加された「実用化」段階の技術事例
熱化学的変換/ガス化（発電・熱利用）
原料：籾殻
製造物：ガス・熱・電気（副産物：くん炭）
現状：籾殻を原料にしたガス化において、高温で生成する結晶質シリカと低温で発生するタールの抑制を両立することが可能。

今後実用化が期待される技術事例

- 国産リグニンのマテリアル利用（内閣府（SIP次世代農林水産業創造技術））

【技術概要】
日本固有の樹木であるスギから、木質の25～35%を占める成分であるリグニンを無毒の水性高分子のPEG（ポリエチレングリコール）を用い、加工性の高い改質リグニンを製造することが可能。幅広い用途の製品が開発中。



- 資源作物（エリアンサス）のエネルギー利用

（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）
【技術概要】
エリアンサスは、多年生・高収量の資源作物で、ペレット等のバイオ燃料の原料としてエネルギー利用が期待。日本に適した新品種を開発し、その栽培法及びペレット燃料加工・利用法を確立。



農林水産省 大臣官房/Minister's Secretariat, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

図5 今後実用化が期待される技術事例(農林水産省)⁷⁾

4. 今後に向けて、課題

今後の普及展開に向けて、生産面では現業農作物との区分や生産者確保、栽培面積と収量のバランスの問題、燃料化では少量生産では収益性が見込めないペレット製造の問題、利用面では木質バイオマスと比較して灰分が多くボイラのクリンク対策が必要となる等課題も多い。単一事業では必要収益を得るのに、10ha以上の栽培面積が必要である。生産・燃料化・利用それぞれのフェーズでコスト優位性を発揮できる企業や自治体と連携し、地域ネットワークを構築しないと事業採算性上成り立たない。このような厳しいビジネス成立の条件はあるものの、地域内で資源と経済が循環でき、雇用の創出や産業振興につながるといった地域の課題解決の手段としての可能性は十分に有する。国内耕地の10%を占め年々増え続ける耕作放棄地に対して、担い手がない状況下では具体的な対策が打てない中、資源作物栽培は地域で上手く仕組みが作れば、地域の抱えているエネルギー課題と農業課題を解決できる可能性がある。当社にとって、地域の様々なバイオマスを有効に資源活用、エネルギー循環に利用できる技術やノウハウを構築することは、再エネを活用したエネルギーバリューチェーンの構築、資源循環から地域の地産地消に寄与するビジネス展開に役立つものと考えている。敷地内で資源作物を栽培し自家消費まで実施するイノベーションセ

ンターの事例は極めて珍しく、長期的な運用事例はほぼないため、圃場での栽培運用データを有効活用できるようなノウハウを蓄積し社外展開へと進めたい。

謝 辞

本取組みは、(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のFS事業「栃木県におけるエリアンサを含めたバイオマス資源を利活用した公共施設への地域自立システム化の事業性評価」⁵⁾で得られた知見をもとに実施している。関係各位に御礼申し上げます。

文 献

- 1) 農林水産省 大臣官房環境バイオマス政策課「バイオマスの活用をめぐる状況(2021年12月)」P3
- 2) 森田茂紀編著「エネルギー作物学」第2章 エネルギー作物の分類と特徴,朝倉書店
- 3) 蝦名真澄、小林真、高野誠(2019)バイオマス作物エリアンサを用いた農地における原料生産とバイオ燃料利用、生態工学会、シンポジウム
- 4) AGgrow Bedding ホームページ: <https://aggrowtech.com/sustainable-agriculture/> を参考に編集
- 5) 2018~2019年度(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のFS事業「バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/栃木県におけるエリアンサを含めたバイオマス資源を利活用した公共施設への地域自立システム化の事業性評価(FS)」,事業者:高砂熱学工業・日本有機資源協会
- 6) 農林水産省 大臣官房環境バイオマス政策課「バイオマスの活用をめぐる状況(2021年12月)」P47
- 7) 農林水産省 大臣官房環境バイオマス政策課「バイオマスの活用をめぐる状況(2021年12月)」P26

ABSTRACT

In recent years, resource crops have been attracting much attention as a new energy source and as a countermeasure against abandoned cultivated land, which is becoming an increasingly serious issue in Japan. However, most resource crops are under small-scale trial cultivation and verification testing, with limited cases as of their use in a business. At the Innovation Center farm, we are currently cultivating *Erianthus*, a resource crops, to encourage self-consumption. Based on our technology and know-how, we will report on resource crops, as an efforts for utilization while aiming for business development to build resource and energy circulation to effectively utilize local materials.
