経済産業省 資源エネルギー庁 御中

資料:6

バイオマス液体燃料発電事業（パーム油発電）の現状と将来的な方向性について

令和２年１０月３０日（金）

一般社団法人 環境・エネルギー事業支援協会

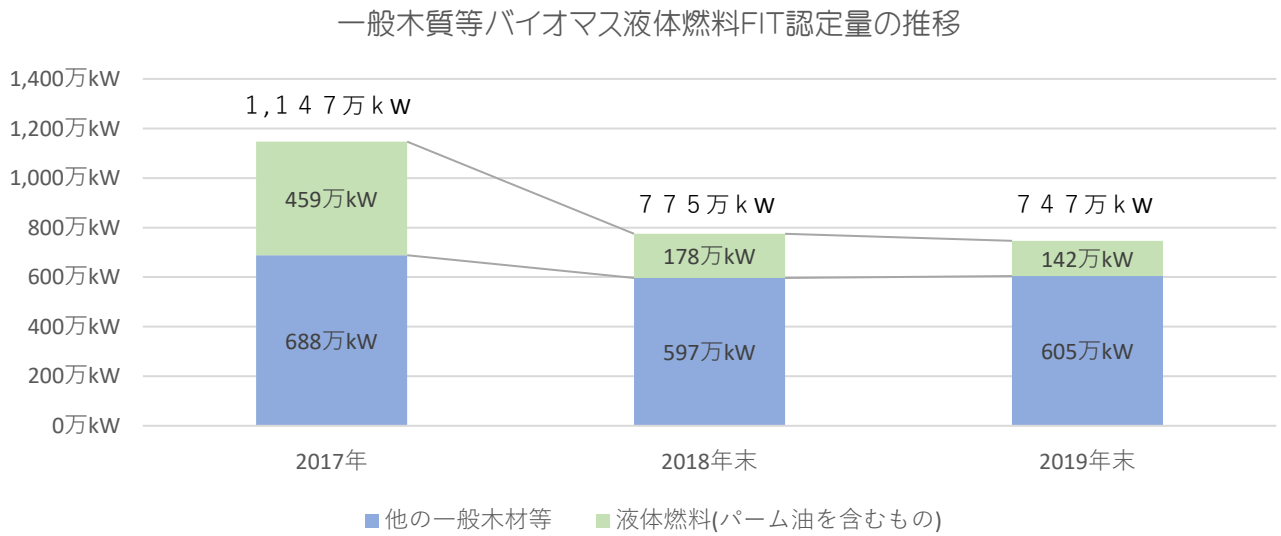
BPA （旧）一般社団法人 バイオマス発電協会

●2017に急増した認定量は、燃料の確保がＲＳＰＯ認証油の量的・価格的点な面から困難な状況で、2018年以降は認定失効する案件が増加した。

●国内で運転されている案件の発電出力合計は９４，３６４kW（2019年末認定量の6. 6%）

年	2017年	2018年末	2019年末
一般木材等バイオマス液体燃料FIT認定量	1,147万kW	775万kW	747万kW
液体燃料FIT認定量	459万kW	178万kW	142万kW
燃料にパーム油等を含むもの（液体燃料）比率	40%	23%	19%

【出典】資源エネルギー庁ヒアリング、令和元年、2年「バイオマス発電燃料の持続可能性の論点について」より



既存発電事業者	7発電所（4社）	発電出力合計	94,364kW

(1) 自立策

●運営面の自社内対応、新燃料・新技術の採用によりランニングコストの低減を研究中。
●各電力市場への参入により、自立する方向を模索している。

①設備・技術の向上

●脱硝のランニングコストを下げるよう、触媒、反応剤の変更
●設備のメンテナンス等における、自社内で完結できる体制の強化による技術の向上

②運転技術の効率化

●燃費向上のための設備改造を検討中
●運転技術の効率化:日々のトラブルに対応できる運転マニュアルの更新、運転員の導線効率化

③燃料費の低減

●Poramにはまらない粗悪CPOを加工した燃料の調達を検討中。
●数年後にはパーム以外の燃料(ジャトロファやポンガミア)を使うことも視野に検討中。
●混焼することを前提に研究
(上記のような非可食かつ持続性担保されかつ価格も安い燃料は量的な確保が非常に困難であるため、)
●フュージョン燃料やエマルジョン燃料なども幅広く研究中
●燃料ドレンの回収、再利用は既に行っている。
●燃料加工技術の向上(固形化)しない、廃棄分の再回収)、廃棄物(酸化した燃料)の再利用。

④燃料費の低減

●排熱でのバイナリ発電の検討
●排熱回収ボイラによる蒸気の熱利用

(2) 地域活用要件への対応

●設備・技術的にどのように対応するかを検討中
●自治体との協議を行う発電事業者もあり。

●ブラックスタートのハードルは比較的低く、大規模停電への備えとしては期待できる。
現設備では対応不可能であるため、増設が必要となる。
（発電所単体では地域供給量が限定的。）

●自治体とは協議を行っている。

●災害時の地域への電気供給と熱利用をどの様に行うか技術的な確認を要する。
（発電した電気を地域に送電する方法など）

● FIT調達期間終了後の自立化の展望については、RE100向けの電源の価値がトラッキング付非化石証書などで高まることや、安定電源として容量市場及び調整力市場へ参加することにより自立が十分可能であると考えます。

しかしながら、これらの価値が現在においては、まだ自立には不十分である事を考えると、送配電のあり方や、国の規制緩和などが必要になるのではないでしょうか。

● FIT調達期間終了後については非常に難しい話であり、現時点で展望を語ることは困難です。下記のような新たな燃料、新たな技術を取り入れるなどの研究を継続しなければなりません。そのためには、現状の事業を中断させずに、継続できる環境が必要と考えます。

・第三者認証による燃料原価アップを補うために、より安い燃料を研究しなければなりません。それは当然、GHGや食料競合にも配慮したものになり、その意味ではPAOなどポーラムスペック外の燃料は有力と考えます。また、パーム以外の燃料についてもいくつか研究しているものがあり、数年後に導入できるか検討しております。

・現状はパーム油の専焼です。ただし、GHGも少なく、食料にも競合せず、第三者認証も取れており、かつ安くて必要な量を備えている燃料など非常に希少であり、専焼などは考えられない状況です。基準を満たした様々な油をその時々の供給量、調達価格などを見ながら柔軟に調整し、同時並行使用（混焼）することは必須であると考えます。

● FIT調達期間終了後も、環境価値、kW価値、ΔkW価値を販売することにより、発電事業を継続していけると考えています。

・また、調達期間中に脱FITをして、2021年度オークション→2025年度実需給からの参加も視野に入れて検討を行っています。

・変動型再エネの大量導入に伴い不足する送配電系統の慣性力について、液体バイオマス発電は貢献していますが、今後の制度設計において検討に加えていただきたいと思います。

●FITとFIPは希望により選択できるようにしていただきたいと思います。

●既存のFIT発電所でも、排熱回収装置追加などによる発電効率の改善を目的とした設備変更を認めていただきたいと考えます。

●既存のFIT発電所で、発電所近隣施設（他社）への余熱の供給を目的とした設備変更を認めていただきたいと考えます。

●新規燃料のご提案

これまでのご提案燃料	キャノーラ油
	大豆油
	落花生油
	ヒマワリ油脱炭酸PAO
	カシューナッツ殻油 脱ガム中和PAO混合湯
今年度のご提案燃料	ジャトロファ油
	ポンガミア油
	カシューナッツ殻油
	規格外ココナッツ油

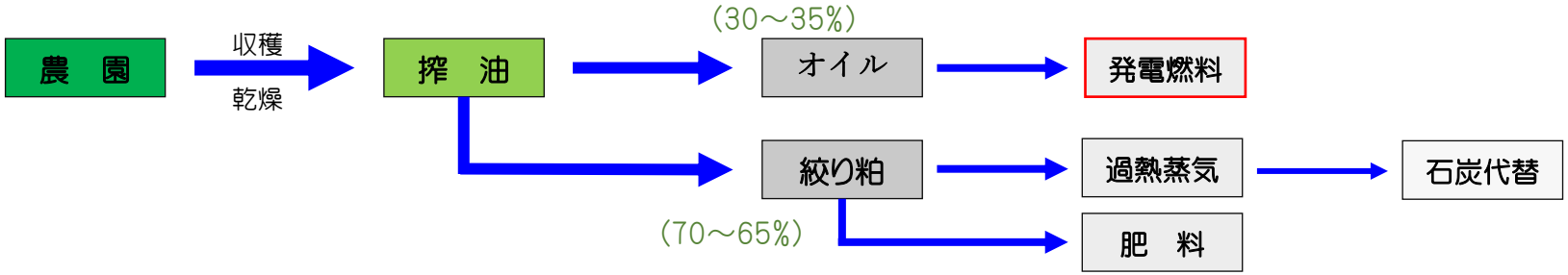
①ジャトロファ油（ Jatropha Oil ）とは

●ジャトロファ種子から圧搾などによって得られる天然植物油です。
●ジャトロファは1990年代より世界各国で栽培や燃料化についての研究が進んでおり多くの基礎データが存在します。
●ジャトロファは亜熱帯性植物で耐乾燥性に長けており荒れ地に強いため、生産性の高い土地利用転換を行わず逆に荒野へ植林するイメージです。
●ジャトロファを食用としているケースは無く、食料と競合しません。
●ジャトロファは古典的な圧搾での搾油となりますので、製造段階で多くの二酸化炭素を発生させません。

【用　　途】現時点で、商業ベースでの活用は確認されませんが、我が国のGHG対策やエネルギー状況を考慮すると、①食料を圧迫せず　②土地利用転換をしない　③パーム油と比較してトータルGHGの低いジャトロファ油は将来、船舶や車両の輸送部門との競合が予想されます。

【主な生産国】インド、インドネシア、タンザニア、モザンビーク、ミャンマー、フィリピン（自社栽培）

1）原料から搾油までの過程



2)ジャトロファ油の特性

●非食用性であり耐乾燥性を有します。(**食料と競合せず生産性の高い土地を利用転換しません**)

●燃料以外の用途が無いため他の需要を圧迫しません。(品質、量、価格)

●逆に燃料以外の用途が無いため他の需要に圧迫されません。(量、価格の乱高下が無い)

●成長が早いため需要に沿った計画的な生産が可能です。

●パーム油と比較してジャトロファ油は**ライフサイクルGHG排出係数が、約4割以下**となります。

(三菱UFJリサーチ＆コンサルティング:平成30年度新エネルギー等の導入促進のための基礎調査のデータより独自に計算)

●米国環境保護庁(EPA)が再生可能燃料基準(RFS)プログラムのもとで、ジャトロファオイルが適合する可能性があるとコメントしています。

(https://www.greencarcongress.com/2015/10/20151019-jatropha.htmlの記事より引用)

燃料種類	(1) 発電コスト構造	(2) 燃料の安定供給（量）		(3) 持続可能性基準	(4) 他用途競合
		現状で一定量発生しているか	調達量や価格に関するリスクはないか	由来、トレーサビリティが証明できるか	他用途の競合が見込まれないか
ジャトロファ油	【建設費用】 210,000円/Kw （EPC費用） 【運転維持費】 2.0 円/kWh 【年間燃料使用量】 1,941KL （1MW:8000時間稼働） 【燃料価格】 76円/ℓ	**年間:約54万t※1** インド、インドネシアを中心に約90万haの土地にジャトロファが生息している。※2 弊社は、パームオイル発電**ユーザーと面談しながら持続可能な燃料を生産するため独自の栽培を進めている。**①森林でない②農作物が育ちにくいエリアに限定し、植林を進行中。（別紙参照） 【今後の生産計画】 ※オイルベース 2020年 150 t 2021年 10,950 t 2022年 47,250 t 2023年 108,900 t 2024年 171,450 t 2025年 280,250 t 稼働中のパームオイル発電ユーザー7社からヒアリングした結果、5社・7発電所にて**約240,000tのジャトロファオイルの需要**を確認している。	ジャトロファオイルは他の液体燃料とは異なり、**用途が燃料のみ**に限定される為、外的要因（国際市場、政治的要因）による量や価格の乱高下が無く**一定している。** 結果、複数年に渡り**固定した条件**での供給が可能になる。 輸入品を買い付けるスタイルではなく、現地での生産からユーザーへの納品まで弊社が一括して管理するため、**量と価格が安定する。** ジャトロファは国内でオイル化するため、品質を保つことができる種子の状態での長期ストックが可能。（**調達量の安定**）	【ポイント】 現状、他の用途があるものを燃料として使用すると、そもそも燃料を前提として栽培していないため、トレーサビリティの証明には大きな**ストレスが生じる。**（費用、手間） その点、ジャトロファオイルは燃料専用として植林するため、初期段階からあらゆる問題をケアしながら進めて行ける。加えて、自社管理する事で全ての段階で**由来、流通経路を明確**にできる。よって、どの様な認証基準にも柔軟に対応可能である。**現時点ではRSB認証基準の採用を想定している。** 【生産から消費まで】 植林・栽培（自社管理） ↓ 収穫・出荷（自社管理） ↓ 輸入・加工（自社管理） ↓ 消費者への輸送（自社管理）	ジャトロファオイルは、大豆油や落花生油のようは食用ではない。 ジャトロファオイルは、食用農産物から発生する副産物ではない。 ジャトロファオイルは、工業用油としても使用されていない。 **【結　論】** **ジャトロファオイルは他用途との競合は無い。**

※1　90万ha×2t/ha（収穫量）×0.3（オイル搾油率）＝54万t

※2　FAO（国際連合食料農業機関）「Integrated Corp Management Vol.8」（2010年）

②ポンガミア油(Pongamia Oil)とは

●ポンガミアの種子(豆)を搾油(抽出)することによって得られる油脂で、搾り滓(ミール)は貴重な家畜飼料です。

●ポンガミアは、マメ科の亜熱帯植物で耐乾燥性、好塩性を有します。油脂にはカランジンと言う毒性のある物質を微量含有しているため油脂を食糧にすることは適していません。

●油脂産生能は、5MT/haで樹齢はオイルパームの20年に比して100年と長寿です。

【用　　途】燃料油、他の産業への利用は現時点では確認できませんが、寒冷地においても加工して車両及び船舶の燃料として使用可能であるため輸送部門との競合が将来的には生じる可能性があます。
【主な生産国】現在は、オーストラリア、インド、の一部で栽培がおこなわれていますが、今後は、東南アジア、中南米、アフリカ、沖縄県などいおいて農園開発が計画されています。

1) 原料から搾油までの過程

ポンガミア
花/種子

収穫
乾燥

100%

圧搾
抽出

約40%

- 生油 → Diesel発電燃料
- 脱酸素油 → Diesel発電燃料 / 車両・船舶燃料
- BDF → 車両・船舶燃料

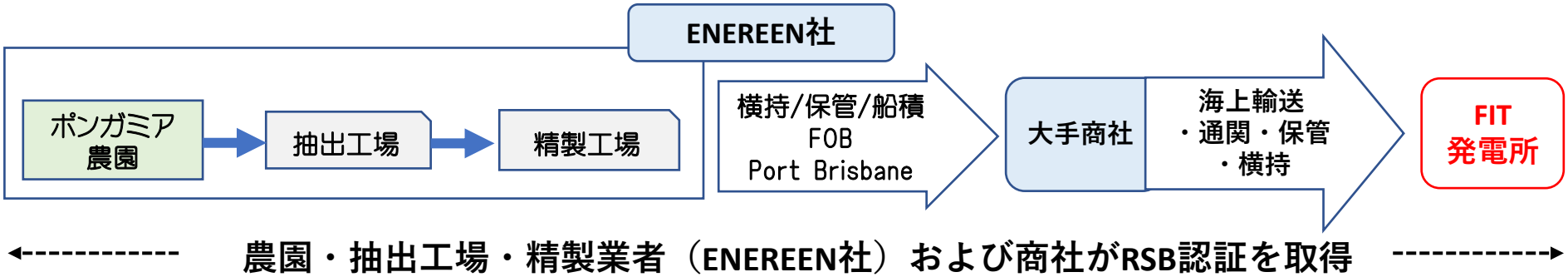
約50%

- ミール → 家畜飼料 蛋白質≧38%

数値は乾燥種子を100%とした場合の重量比です。
(▲10%は水分です。)

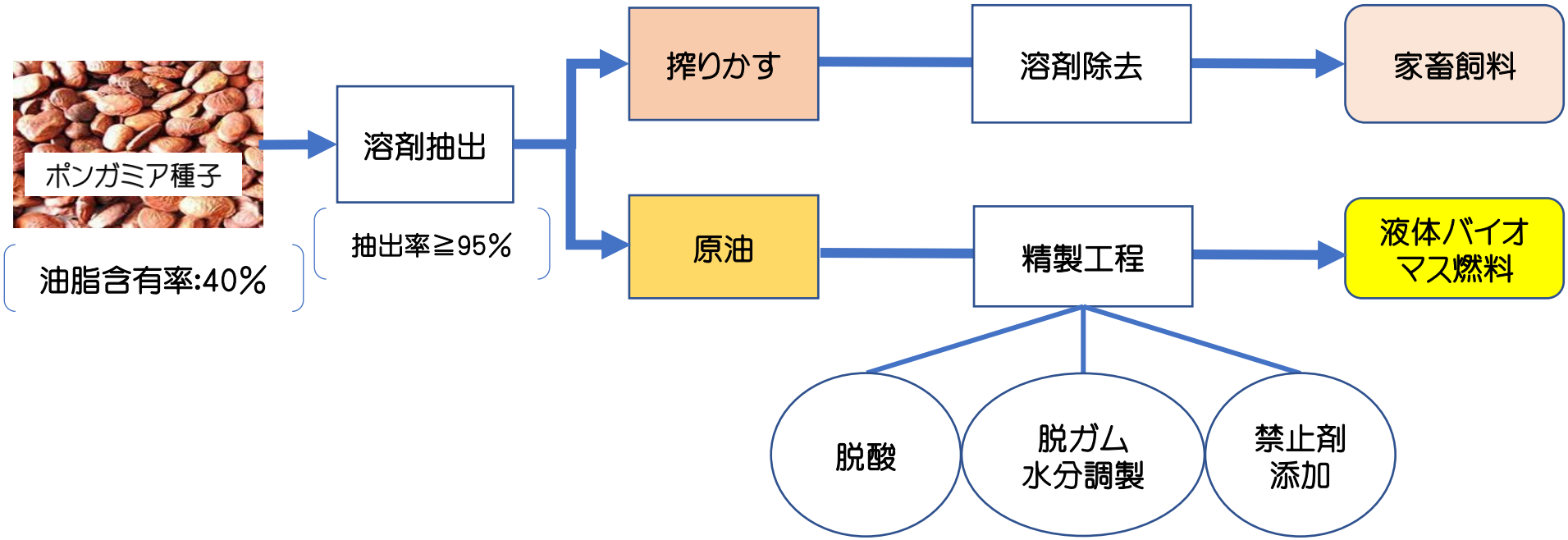
搾油方法は圧搾法と抽出法に大別できますが、
圧搾法では搾油率は50%～80%、
抽出法は95%~99%となります。

2)トレーサビリティと製造・物流過程



農園・抽出工場・精製業者（ENEREEN社）および商社がRSB認証を取得

3)製造工程



2) ポンガミアとパームの違い

●ポンガミアの油脂産生能は5MT/haとオイルパームの油脂産生能に匹敵します。
ポンガミアには特筆しなければならないレベルでの消化酵素は認められず、オイルパームのように70%熟度（油脂産生量3.8MT/ha）で収穫する必要性がありません。

●オイルパームが緯度10度以内の熱帯雨林の植物と言われており、栽培地が限定されることは熱帯雨林の乱開発に繋がった理由の一つです。
その点、ポンガミアは亜熱帯植物で、しかも乾燥地や塩分濃度の高い土地（農地に適さない土地）でも栽培が可能な植物であります。
（ポンガミア農園においても適度な施肥（窒素肥料を除く）は必要となります。）

●ポンガミア豆のミール（搾り滓）は、38%以上の蛋白質を含有しており、豪州においては家畜の飼料として用いられています。
このことは、ポンガミア農園が液体バイオマス燃料と言う資源と家畜飼料の（食糧）生産と言う二面性を有していることを意味します。

燃料種類	(1) 発電コスト構造	(2) 燃料の安定供給(量)		(3) 持続可能性基準	(4) 他用途競合
		現状で一定量発生しているか	調達量や価格に関する リスクはないか	由来、トレーサビリティが証明できるか	他用途の競合が 見込まれないか
ポンガミア油	建設費用: 210,000円/KW(EPC費用) 運転維持費: 2.0 円/kWh 1000kW当たりの年間燃料使用量: 1,966kL (稼働時間8000時間) 燃料価格: 70円/L (現時点での豪州製品価格) 所内電力:3.5% 売電量＝発電量×(1-0.035)	**年間:7,500MT(現在)** 50,000MT(2021年作付け分) ※オイルベース 現在、豪州において**約1,500haのポンガミア農園が存在するだけで来年度は新たに10,000haの作付けが予定されています。** ポンガミアの**油脂産生能は5MT/ha**とオイルパームの油脂産生能に匹敵します。 更に、ポンガミアには特筆しなければならないレベルでの消化酵素は認められず、オイルパームのように70%熟度(油脂産生量3.8MT/ha)で収穫する必要性がありません。	オイルパームは栽培地が限定されることが、熱帯雨林の乱開発に繋がった理由のひとつであります。 ポンガミアは、マメ科の亜熱帯植物の高木です。しかも乾燥地や塩分濃度の高い土地でも栽培が可能な植物であります。(砂漠での栽培の可能性も秘めていると思います。) ポンガミアは農地として不適と思われる土地においても栽培が可能で、食糧を生産する農地と競合することなく確保可能です。 ポンガミア油には毒性のあるカランジンが微量含有しているため**油脂は食用としては使えず良質な燃料**として価値を有します。 一方、ポンガミア豆のミールは、38%以上の蛋白質を含有しており、豪州においては家畜の飼料として用いられています。 ポンガミアは燃料・飼料と用途が限定的であり、多くのバイオマス発電事業者がポンガミア農園経営に参画すべく準備を始めており、農園から発電まで一貫事業を目指そうとしています。 この体制づくりこそが燃料の安定供給に繋がるものと考えます。	これから、農園開発→油脂抽出工場→燃料精製工場と一貫して運営管理が開始されることから、**第三者認証はRSB認証制度の下、トレーサビリティが確立できます。** GHG排出量については、油脂抽出工場、燃料精製工場における消費エネルギーは、ポンガミア豆の鞘(pod)を用いる。 排出される二酸化炭素は光合成により空気中の二酸化炭素が固定化されたものであり温室効果ガスの増加には繋がらないことから、石油や天然ガスに比してGHG排出量は少ないと言えます。 我が国のFIT制度がポンガミア栽培の呼び水となり、世界において、持続可能な社会づくりに貢献する新産業を創出することになり意義深い結果をもたらすと思われます。(SDGsの推進)	前述の通り、**ポンガミア油にはカランジンが微量含まれているため、食糧はおろか化粧品や洗剤等にも利用は困難**で、ポンガミア油は燃料のためにのみ使用可能と拝察します。 例え膨大なコストをかけて微量なカランジンを除去したとしてもカランジンが含まれていたという事実で、食品、化粧品、洗剤等の他産業はポンガミア油を原料とすることを敬遠すると推察します。 将来的には車両、船舶燃料との競合が生じる可能性があります。

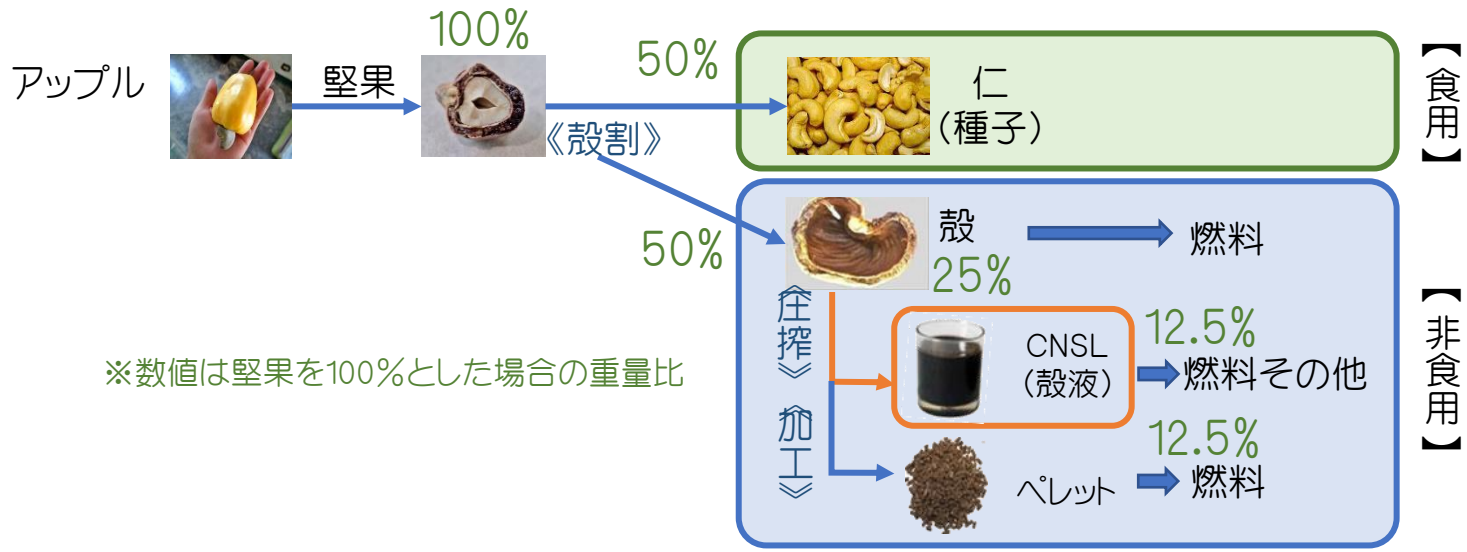
③カシューナッツ殻液（CNSL:Cashew Nuts Shell Liquid)とは

●カシューナッツの殻から圧搾などによって得られる天然植物油です。

●カシューはウルシ科の植物であり、仁（種子）以外は非食用となります。

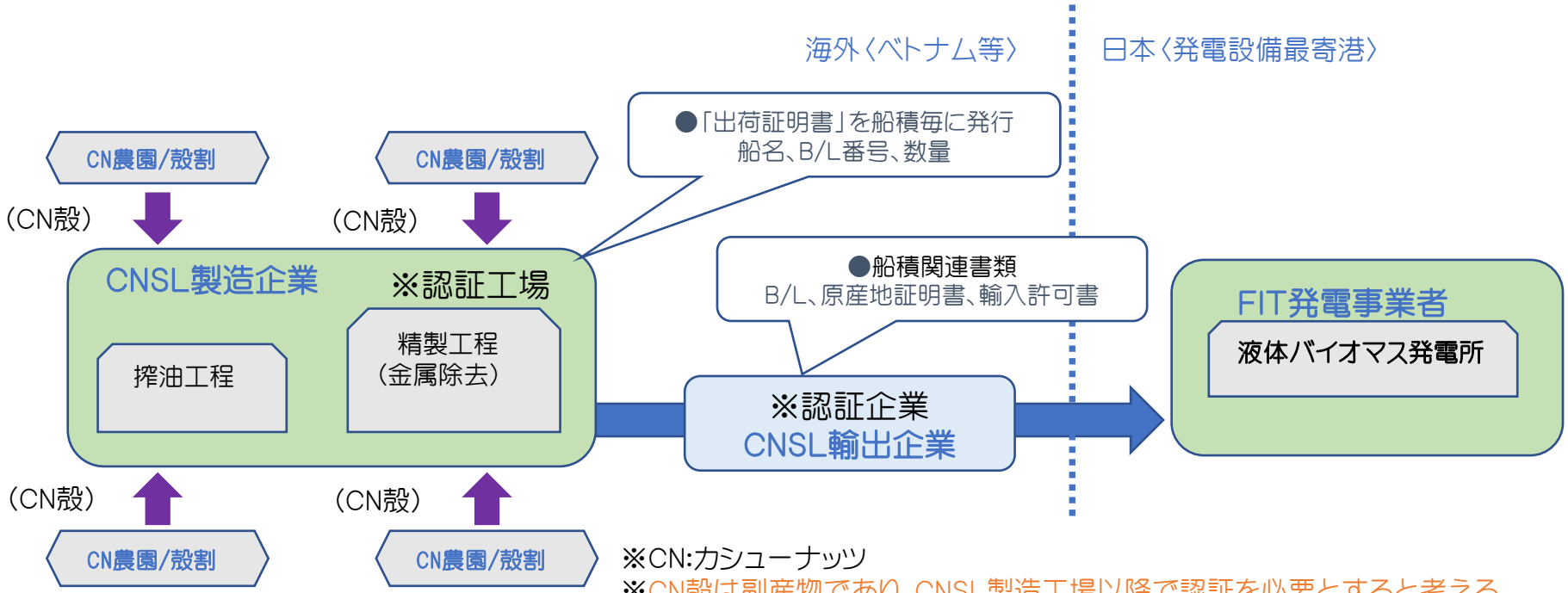
【用　　途】漆塗料用の塗料、車ブレーキ等の摩擦性向上剤、飼料
【主な生産国】ベトナム、ナイジェリア、インド、コートジボワール、ベナン、フィリピン、ギニアビサウ、タンザニア、インドネシア、ブルキナファソ等

1)原料からCNSL圧搾までの過程



昨年度、CNSL＋Procssd PAOという混合燃料でご提案させて頂きましたが、PAO以外の他の燃料との混合も考えられるため、改めてCNSL単体でのご提案をさせて頂きます。

2) CNSLの製造と物流過程



※CN:カシューナッツ
※CN殻は副産物であり、CNSL製造工場以降で認証を必要とすると考える。

2) CNSL燃料の特性

●CNSLは、セタン価が18と低く、カルダノール（C21H300）が主体でアルキルベンゼン環を有するため着火遅れが大きく、**単独ではエンジンは稼働しません。**
従いまして他の高セタン価の油脂と混合する必要があります。

●一例として、パーム油と混合させた場合、**パーム油の流動点や融点を低下させる効果**があり、輸送・タンクインの際に溶融する手間を削減することが可能となります。
同時にCNSLのセタン価を引き上げるため、CNSLの着火遅れという弱点を補うことになります。
（最適比率CNSL 25% 、パーム油75%）

●混合する場合のパーム油は、既に承認されているFFA5%以上のCPO（MPOB基準では非食用）を考えています。

燃料種類	(1) 発電コスト構造	(2) 燃料の安定供給（量）		(3) 持続可能性基準	(4) 他用途競合
		現状で一定量発生しているか	調達量や価格に関する リスクはないか	由来、トレーサビリティが証明できるか	他用途の競合が 見込まれないか
CNSL	建設費用: 210,000円/KW（EPC費用） 運転維持費: 2.0　円/kWh 1000kW当たりの年間燃料使用量: 1,999,3kL （混合油として/稼働時間8,000時間） 燃料価格:　60円/L （混合燃料価格:　67.5円/L） 所内電力:3.5% 売電量＝発電量×(1-0.035)売電量＝ 発電量×(1-0.035)	CNSLの現在の生産量はベトナムを中心に**年間20万MT**水準です。 ※現在の**圧搾法搾汁を溶剤抽出法に変えることにより、生産量は倍増いたします。** この生産量は需要に則した量であり、原料の発生量から**潜在的な生産能力はベトナムで40万t、インドで35万t**と算出されます。 近年、カシューナッツの生産量は増加傾向にあります。現状では一定量が発生しており、将来、需要が増加した場合においても十分な供給量が余裕をもって確保されています。	年間100,000MTをトン当たり63,000円（FIT発電所タンクイン）で20年間安定供給可能です。 カシューナッツ不作のためCNSLの数量が減少する可能性は否定できないが、カシューナッツの殻をインド、カンボジア、ベトナム、インドネシアなど幅広く集荷するシステムを構築することで、不作の影響を受けずに供給できるシステムを構築可能です。 カンボジアのカシューナッツ農園から殻剥き、CNSL抽出一貫工場の建設を熱望されており、日本の新技術と韓国の資本で建設計画が進んでいますが、実現すればCNSL10万トンの製造工場となります。 また、**抽出したCNSLは高品質でフィルタリング以外の精製は不必要であり、精製工場への輸送も不要**となるなど価格はより安定します。 カンボジア工場モデルがカシューナッツ生産国に広く普及することが予測されます。	以下の通り証明可能です。 **カシューナッツ農園-（殻付きナッツ）→殻剥工場→搾汁（抽出）工場→燃料精製工場→輸入業者** （殻剥工場以降は第三者認証取得） カシューナッツ農園は、オイルパーム農園のような土地の権利問題、泥炭地開発の問題、熱帯雨林開発の問題、過酷な労働問題等を抱えていると言った報道に接したことはありません。小規模に分散しており、第三者認証取得には課題が多い状況です。 **カシューナッツ殻自体がカシューナッツの副産物であり、そこから採れる液体燃料も同じく副産物の一部です。カシューナッツ殻は、オイルパームで言えばPKSに相当します。副産物の場合の第三者認証は、農園にまで遡ることなく、搾油工場から川下をカバーすればよいと考えます。** よって、**第三者認証はISCC**で手配中です。 GHG排出量については、殻剥・抽出・精製工程で消費されるエネルギーはすべてCNSLの一部とパーム油で賄いますので、工場から排出する二酸化炭素は光合成により固定化された二酸化炭素の一部を輩出していることになり、温室効果ガス増加には繋がらないと思います。	CNSLの他産業との競合に関しては、日本において漆の代用品として使用されているが、需要規模は限定的です。 その他、一部で塗料、ブレーキライニング、コート剤の材料として利用されているほか、試験的には家畜のグラム陽性菌やメタン古細菌に対して抑制的剤として用いられていますがこれも数量的には限定的です。 CNSLは食糧のカシューナッツの副産物である殻から抽出され、カルダノールを主成分とする**非食用燃料**であります。

※CNSLは、セタン価が18と低い等の特性があり、着火遅れが大きく単独ではエンジンは稼働しません。
　他の高セタン価の油脂と混合を要します。

※一例としてCNSL:25%　、パーム油:75%の混合燃料を設定して年間燃料使用量や燃料価格の算出をしました。

※パーム油は既に承認されているFFA5%以上のCPO（MPOB基準では非食用）を想定いたしました。

④規格外ココナッツ油とは

●ココナッツオイルは過熱蒸気を加えることにより脂質を抽出した植物性の液体燃料です。

●規格外ココナッツ（需要不足による未収穫、未出荷分）を利用することにより、食料や他の需要に影響を及ぼさない形で利用します。

【用　　途】食用・飲用（20%）、化粧品など（60%）、他（10%）
【主な生産国】インドネシア、フィリピン、インド、スリランカ、ブラジル等

燃料種類	（1）発電コスト構造	（2）燃料の安定供給（量）		（3）持続可能性基準	（4）他用途競合
		現状で一定量発生しているか	調達量や価格に関するリスクはないか	由来、トレーサビリティが証明できるか	他用途の競合が見込まれないか
規格外ココナッツ油 〈規格外ココナッツ〉 ①倉庫に放置されて、市場に供給されないもの ②生育不良・小さいもの600 g以下:通常1.5kg） ③樹上で1年以上放置され、市場に供給されないもの	建設費用： 250,000円/KW（EPC費用） 運転維持費： 5.0 円/kWh 年間燃料使量/1000kW 2,000ℓ （稼働時間8000時間） 燃料価格： 85.2円/ℓ 所内電力：3.5% 売電量＝発電量×（1-0.035）	規格外ココナッツオイル生産可能量3～4百MT/年 ココナッツの主要生産国（インドネシア・フィリピン・インド）の2019年度収穫量は500億個(約75百万トン）であり、弊社が調達先としているインドネシア、フィリピンだけでも、2019年度収穫量は290億個（約43百万トン）あります。 規格外ココナッツは、上記収穫量にはカウントされていませんが、ココナッツの収穫に伴い定常的に発生するものであり、現地調査の結果、ココナッツ全生産量の25～30%（インドネシア・フィリピンの2019年度合計で約96億～123億個、約9～12百万トン）を占めると推察されます。 以上から、規格外ココナッツは現状で一定量発生しており、原料としての安定調達が可能となります。	今後、インドネシア・フィリピンにおけるココナッツ農園は増加傾向にあると予測されており、将来、需要が増加した場合においても充分な供給量が余裕をもって確保されると推察されるため、調達量に関するリスクはほとんどないと推察します。 ココナッツ主要産業（食料、飲料、化粧品）の原料価格は、規格外ココナッツを利用したバイオマス発電事業の原料価格の3～5倍に設定されており、現在の収穫量統計データにカウントされていない規格外ココナッツの価格が、現産業の価格を脅かすことはないと推察します。	規格外ココナッツは、非食用ではありますが以下の通り証明可能です。 ココナッツ農園（生産国）⇒加工・精製工場（生産国）⇒発電所（弊社） インドネシア・フィリピンのココナッツ農園は、パーム農園と比較して小規模な家族経営農家が多い為に土地の権利問題、泥炭地開発の問題、熱帯雨林開発の問題、過酷な労働問題等を抱えていると言った報道に接したことはありませんが、逆に、小規模農園に分散しているため、農園の第三者認証取得には課題が多い状況です。従って小規模農園を統括している行政に働きかけることにより、第三者認証取得を目指しています。	規格外ココナッツは、現段階で各国が検討しているココナッツ産業の範疇外での事業となり、収穫量等の統計データにもカウントされていないため、ココナッツの主要産業との競合は発生しないと推察します。 また、生産国政府では、1ha当たりのココナッツ収穫量増加や収穫効率のいい品種への改良等積極的な収穫量増加政策が進められており、新たな農地を開発することなく将来需要が増加しても対応が可能な為、間接的土地利用変化は生じないと推察します。