

我が国における SAF の普及促進に向けた課題・解決策

別添 1 SAF の導入ポテンシャルに関する検討

(令和 4 年 3 月)



1. SAFの導入ポテンシャルに関する検討

1.1 海外先行事例における推計方法

(1) World Economic Forum による推計

Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation は、2020年11月に世界経済フォーラム（WEF：World Economic Forum）がマッキンゼー社とともに纏めたレポートである。世界における SAF の供給可能性や価格の見通しについて評価を行っている。

原料（Feedstock）のポテンシャルは、2030年時点で、HEFAの原料となる廃食油（①）、荒廃した土地において栽培された油糧作物（②）、被覆作物として栽培される油糧作物（③）で計1.95億原油換算トン、FT合成やAtJの原料となる、被覆作物として栽培されるセルロース系作物（④）、農業残渣（⑤）、森林残渣（⑥）、製材残渣（⑦）、都市ごみ（⑧）で計36.2億乾燥トン／年とされている。

SAFのポテンシャルとしては、上記ポテンシャルに、原料毎に設定した生産係数（原料単位質量当たりの燃料質量）及び生成される燃料（SAF、ディーゼル等）における SAF の割合を掛け合わせることによって算出している。なお、SAFの割合は、SAFの製造を最適化するように設定されている。試算の結果、2030年において、4.9億原油換算トン（約5.6億kL）のポテンシャルがあるとされ、これはジェット燃料需要4.1億原油換算トン（約4.7億kL）の約120%に相当するとされている。

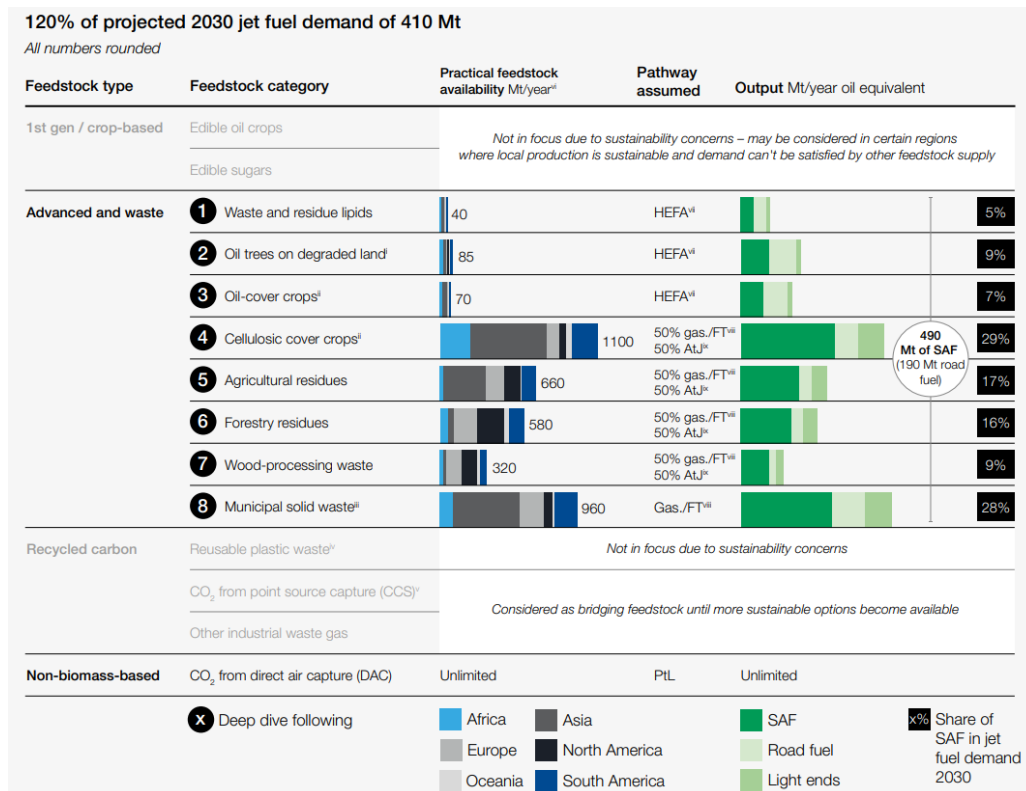


図 1 Clean Skies for Tomorrow における SAF の供給ポテンシャルの分析出所) World Economic Forum,
https://www3.weforum.org/docs/WEF_Clean_Skies_Tomorrow_SAF_Analytics_2020.pdf (2021年3月8日閲覧)

(2) International Council on Clean Transportation による推計

米国の環境 NPO 法人である International Council on Clean Transportation (ICCT)は、2021 年 3 月に公表した Estimating sustainable aviation fuel feedstock availability to meet growing European Union demand において、EU における将来の SAF の原料賦存量と SAF 製造ポテンシャルを推計している。

本レポートで分析対象とした原料は、廃棄油脂 (①) 農業残渣 (②) 森林残渣 (③) 都市ごみ (④) 被覆作物 (⑤) 産業排ガス (⑥) である。

2030 年におけるポテンシャルの推計結果は図 2 に示すとおりである。

① (廃食油及び獣脂) については最大 245 万トン、②については 7,650 万トン、③については 510 万トン、④については 2,120 万トン、⑤については 715 万トン、⑥については 1,210 万トンとされている。

SAF のポテンシャルとしては、上記ポテンシャルに、原料 (製造プロセス) 毎に設定した生産係数 (原料単位質量当たりの燃料質量)、生成される燃料 (SAF、ディーゼル等) における SAF の割合及び原料 (製造プロセス) 毎に設定した普及率を掛け合わせることで算出している。なお、SAF の割合は、SAF の製造を最適化するように設定されている。試算の結果、2030 年において 340 万トン (約 430 万 kl) のポテンシャルがあるとされ、ジェット燃料需要 6,280 万トン (約 7,900 万 kl) の 5.5%に相当すると試算されている。

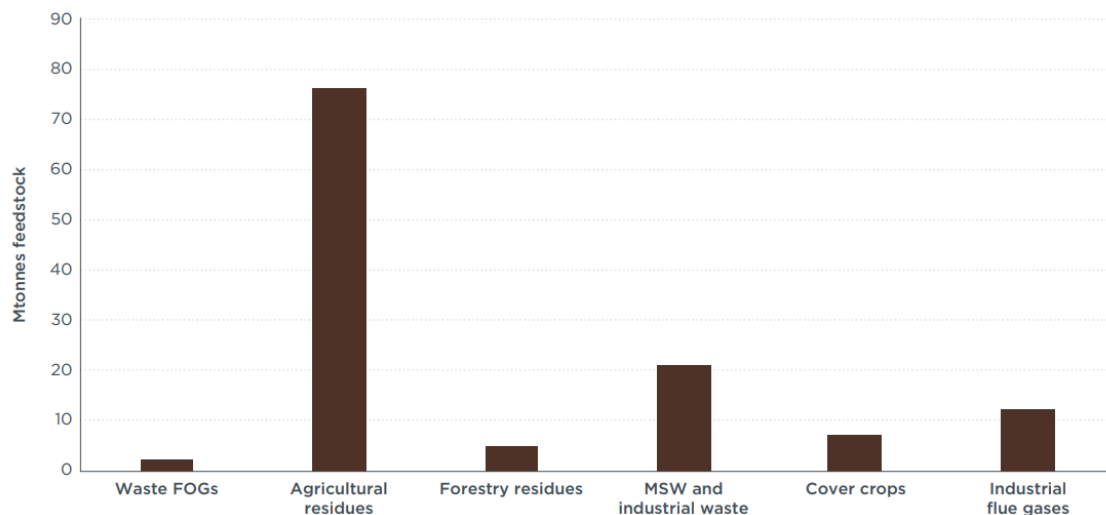


図 2 ICCT(2021)における原料賦存量推計結果

出所) Estimating sustainable aviation fuel feedstock availability to meet growing european union demand (ICCT,2021)

(3) 英国における推計

英国では2016年に Sustainable Aviation UK（民間の有志団体）が世界全体及び英国の SAF 製造ポテンシャルを推計している。

2035年までの推計の手法としては、ボトムアップ方式を採用し、下記の主要要素に基づいて将来の SAF 製造技術の普及の可能性を評価している。

- 世界全体の SAF 製造能力の予測
 - ・プラントの建設にかかる時間
 - ・プラントの寿命（パイロットプラント=3年、実証プラント=5年、商業プラント=28年）
 - ・プラントの製造能力
 - ・プラントの稼働時間
 - ・既存の開発事業者の数
 - ・商業プロジェクトの年間開始数
 - ※低成長シナリオと高成長シナリオのそれぞれについて製造プロセス毎に設定
 - ・先行プロジェクト開始後、次のプロジェクトを開始できるまでの期間
 - ※低成長シナリオと高成長シナリオのそれぞれについてプラントのフェーズ毎に設定
 - ・プロジェクト成功率
 - ※低成長シナリオと高成長シナリオのそれぞれについてプラントのフェーズ毎に設定
- 英国の SAF 製造能力の予測
 - ・上記世界全体の SAF 製造能力の予測
 - ・英国が世界の製造に占める割合（人口比）
- 製造される燃料のうち SAF が占める割合
 - ※道路用最適化シナリオと SAF 最適化シナリオのそれぞれについて製造プロセス毎に設定
- 原料の入手可能性
 - ・世界全体及び英国それぞれについてモデルを利用して推計

以上を踏まえて4つのシナリオ（SAF 最適化×高成長、SAF 最適化×低成長、道路最適化×高成長、道路最適化×低成長）を策定。

世界での SAF の製造ポテンシャルは、2035年に年間1,450万～3,090万トン（世界の航空燃料使用量の4%～8%に相当）とされている。

この世界の SAF 製造の増加率を英国にも適用すると、2025～2035年における英国の SAF 製造の増加率は34～44%/年となり、2035年には英国の航空燃料需要の3.3～7.8%の SAF が製造可能とされている。

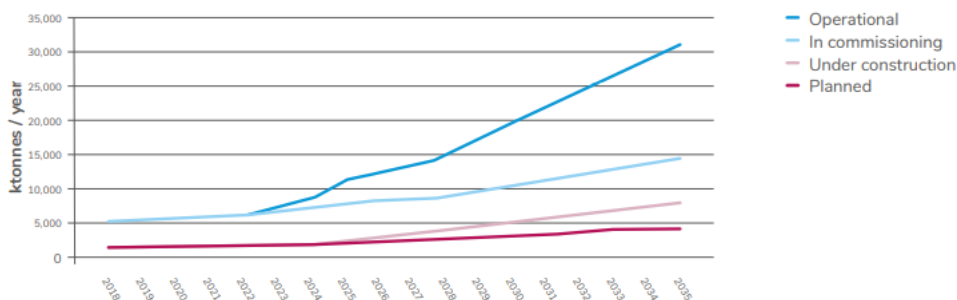


Figure 3 - Global sustainable jet fuel supply potential

図 3 世界全体の SAF 供給ポテンシャル (2035 年まで)

出所) Sustainable Aviation UK , SUSTAINABLE AVIATION FUELS ROAD-MAP (2020 年)

Table 8: Sustainable aviation fuel production technologies

Route	2035 global sustainable aviation fuel production capacity (kt/y)	
	Slow Growth, Aviation Optimised	Fast Growth, Aviation Optimised
Hydrotreated oils/fats	9,577	17,642
Alcohol to jet	2,443	6,884
Gasification + FT	727	1,839
Pyrolysis	728	1,765
Other thermochemical	371	950
Sugars to hydrocarbons	268	815
PtL: FT	255	875

図 4 2035 年における世界全体の SAF 供給ポテンシャルの内訳 (SAF 最適化×高成長、SAF 最適化×低成長)

出所) Sustainable Aviation UK , SUSTAINABLE AVIATION FUELS ROAD-MAP (2020 年)

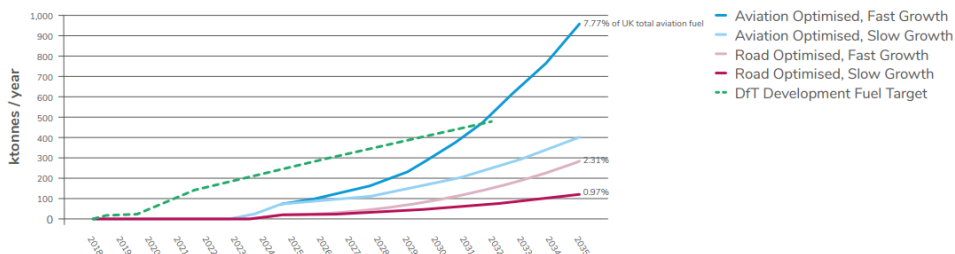


Figure 5 - UK sustainable jet fuel supply potential (excluding HEFA), and comparison with DfT development fuels target

図 5 英国の SAF 供給ポテンシャル (2035 年まで)

出所) Sustainable Aviation UK , SUSTAINABLE AVIATION FUELS ROAD-MAP (2020 年)

また、2035 年以降は、2050 年における航空燃料需要の 30%を国産 SAF により満たすものとするにより試算を行っており、その結果供給量は 2035 年以降 11~18%/年増加するものとされている。

以上を踏まえ、英国としては、SAF 製造に係る目標を、2035 年に 100 万トン、2040 年に 160 万トン、2050 年に 450 万トン（需要の 30%）と置いている。

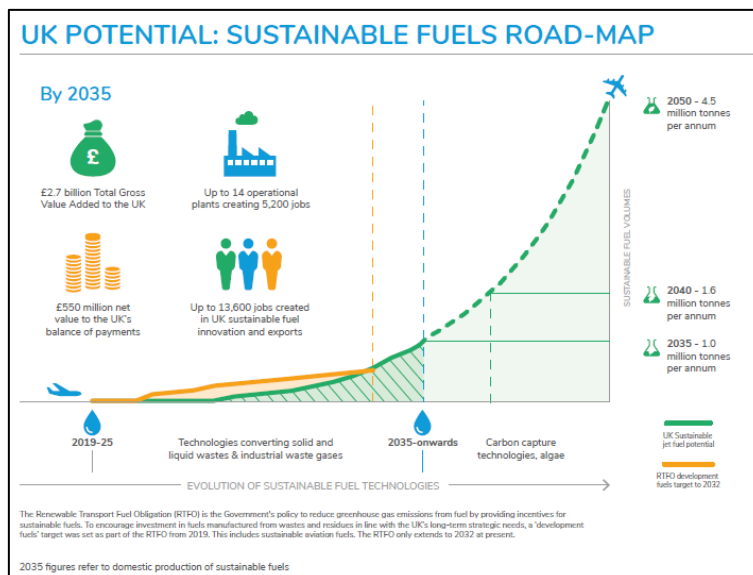


図 6 英国のロードマップの概要

出所) Sustainable Aviation UK , SUSTAINABLE AVIATION FUELS ROAD-MAP (2020 年)

(4) ノルウェーにおける推計

ノルウェーでは、Ramboll 社が中心となり、2017 年に 2013 年の報告書を更新する形で、木質バイオマスを由来とする SAF 生産ポテンシャルを推計している。

原料として想定されているものは、森林残渣（未利用分）及びパルプ材（未利用分及び輸出分）とされている。なお、長期的には藻類が大きなポテンシャルを有するとされている。

前提として、2017 年当時のペースで伐採を進めた場合、図 7 左のとおり、バイオ燃料の製造ポテンシャルは 60 万 kL、SAF がそのうち 50%に相当すると仮定すると、SAF の製造ポテンシャルは 30 万 kL と試算している。また、持続可能な方法で伐採を加速する場合、図 7 右のとおり、バイオ燃料の製造ポテンシャルは 100 万 kL となり、SAF の製造ポテンシャルは 50 万 kL と試算している。

アビノールは、2030 年までに全てのアビノールの空港で SAF を 30%（40 万 kL）導入する目標を掲げているが、上記木質バイオマスを原料とする SAF 製造技術は存在しないため（2017 年当時）、当該目標を達成するためには、輸入 SAF の活用が必要となる可能性があるとされている。更に、SAF 製造を喚起するためには、政策が重要であるとし、下記の事例を挙げている。

- ▶ 長期的な政策
- ▶ 増加する需要に対応するためのインフラ・物流網構築に対する資金支援、林業の促進（原料価格低減の観点）
- ▶ 市場創出策
 - ・ SAF の混合義務及び資金支援制度¹の活用
 - ・ 炭素税等を収入とするファンド

¹ 陸上輸送燃料については、混合義務を達成するために当該制度を活用することはできないとされている。ただし、価格差が非常に大きい燃料に対する支援の場合を除くとされており、この例外規定の活用が期待されている。



図 7 ノルウェーにおけるポテンシャル推計結果
 出所) RAMBOLL, SUSTAINABLE AVIATION BIOFUEL STATUS 2017

(5) オーストラリアにおける推計

オーストラリアでは2013年にQantasが主にHEFAの生産ポテンシャルを試算している。

国産の原料として、既存の食用作物については、カノーラ菜種及び綿実、既存の非食用原料については、獣脂（brown greaseを含む。）及び廃棄食用油（UCO）を想定している。

まず、オーストラリアの天然油原料モデル「Feedstock Study Model」を用いた推計によると、上記原料の全ポテンシャルは119万トンとされており、国内利用が69万トン（食用46万トン、非食用23万トン）、輸出が50万トン（食用12万トン、輸出38万トン）とされている。

次に、工場の原料精製能力について、オーストラリアの市場に十分な量のSAFを供給可能な規模である100万トン/年(3,000トン/日)²と、製造規模を縮小した30万トン/年(1,000トン/日)の2つのシナリオが設定されている。

原料に係るシナリオとしては、下記5つを設定している。

- ベースケース：国内原料を可能な限り利用するケース（100万トン/年）
- 低コスト：認証された持続可能なパーム油の活用を想定（100万トン/年）
- 国内積極利用：国内原料をベースケース以上に利用するケース（100万トン/年）
- 製造規模縮小：国内原料のみを利用し、輸入原料は利用しないケース（30万トン/年）
- 製造規模縮小（非食用のみ）：非食用の国内原料を最大限利用するケース（30万トン/年）

上記国内原料のポテンシャルが全てSAF用に利用することができるものではないことを考慮すると、国内利用されている原料のみでは製造能力を満たすことができないことから、特に短期的な対策として、輸出分を国内に振り向ける対策が考えられるとされている。ただし、他用途や欧米の補助制度と競合することから、市場価格より低い価格で原料を入手することは、原料の生産者にとっては機会損失となる。また、より長期的には、HEFAで用いることができる新たな原料（ジャトロファ、藻類等）の利用を促進することが重要となるとされている。

² NESTE シンガポール工場は当時の規模で2,100トン/日とされている

1.2 我が国におけるポテンシャルの推計

原料から SAF への換算係数

まずは、原料ポテンシャル（原油換算トン）を SAF（原油換算トン）に換算するための係数について、WEF の推計結果等を用いて試算した。なお、WEF の推計結果を用いた換算係数については、原料から燃料への変換効率及び製造される燃料のうち SAF の製造を最大化するよう設計した場合に得られる SAF の割合をパラメータとして含んでいる。

油脂系バイオマスの場合（残渣（廃棄油脂）、主産物（油糧作物））

HEFA により SAF を製造する場合の①廃棄油脂、②油糧作物に係る換算係数（原油換算トン SAF/原油換算トン原料）は下表のとおり。

表 1 油脂系バイオマスに係る換算係数

原料名	世界原料ポテンシャル (原油換算トン原料)(a)	2030 年におけるジェット燃料の需要量 (4.1 億原油換算トン) に占める SAF の割合 (b)	SAF ポテンシャル (原油換算トン SAF) (c) (4.1 億×(b))	換算係数 (原油換算トン SAF/原油換算トン原料) (d) ((c) / (a))
①廃棄油脂	4,000 万	5%	2,050 万	0.51
②油糧作物	8,500 万	9%	3,690 万	0.43

出所) World Economic Forum, Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation より作成

また、[トン原料]から[原油換算トン原料]への換算係数については、廃棄油脂及び油糧作物の発熱量 39,800 MJ/トン原料³及び 39,000 MJ/トン原料（ジェットロファ）⁴と、41,870 MJ/原油換算トン⁵から計算して得られる、それぞれ 0.95（原油換算トン原料/トン原料）と 0.93（原油換算トン原料/トン原料）を用いる。

³ https://www.lib.fukushima-u.ac.jp/nenpo/issue/no3/6_ronbun4.pdf

⁴

<https://criepi.denken.or.jp/hokokusho/pb/reportDownload?reportNoUkCode=V10007&tenpuTypeCode=30&seqNo=1&reportId=7723#:~:text=%E7%86%B1%E9%87%8F%E6%B8%AC%E5%AE%9A%E3%81%AE%E7%B5%90%E6%9E%9C%E3%80%81%E6%B2%B9%E8%84%82,%E3%82%92%E7%A4%BA%E3%81%99%E5%A0%B4%E5%90%88%E3%81%8C%20%E3%81%82%E3%82%8B%E3%80%82>

⁵ <https://www.iea.org/reports/unit-converter-and-glossary>

セルロース系バイオマスの場合（農業残渣、森林残渣、製材残渣、建設発生木材）

ガス化 FT 合成及び AtJ により、それぞれポテンシャルの 50%ずつを用いて SAF を製造する場合の⑤農業残渣、⑥森林残渣、⑦製材残渣の SAF 換算係数は下表のとおり。

表 2 セルロース系バイオマスに係る換算係数

原料名	世界原料ポ テンシャル (乾燥ト ン)(a)	2030 年におけるジェッ ト燃料の需要量 (4.1 億 原油換算トン) に占め る SAF の割合 (b)	SAF ポテンシ ャル (原油換算 トン SAF) (c) (4.1 億×(b))	換算係数 (原油 換算トン SAF/ 乾燥トン原料) (d) ((c) / (a))
⑤農業残渣	66,000 万	17%	6,970 万	0.11⁶
⑥森林残渣	58,000 万	16%	6,560 万	
⑦製材残渣	32,000 万	9%	3,690 万	
⑧建設発生 木材 ⁷	—	—	—	

出所) World Economic Forum, Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation より作成

糖料作物の場合

NREL⁸の推計結果より、AtJ により SAF を製造する場合のサトウキビ本体からの換算係数は 10.5 ガロン/乾燥トン (39.7 L/乾燥トン) と設定した。

⁶ 当該計算式によって計算した場合、⑤⑥は 0.11、⑦は 0.12 と計算される。ただし、換算係数としてはいづれも同じ数値になると考えられるため、より信頼性の高い⑤⑥の数値 0.11 を採用した。

⁷ WEF による推計はなされていないが、同じ換算係数であると仮定した。

⁸ NREL, Review of Biojet Fuel Conversion Technologies, <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/66291.pdf>

廃棄物（油脂成分除く）の場合

ガス化 FT 合成により SAF を製造する場合の⑨都市ごみの換算係数は下表のとおり。

表 3 都市ごみに係る換算係数

原料名	世界原料ポテンシャル (乾燥トン)(a)	2030 年におけるジェット燃料の需要量 (4.1 億原油換算トン) に占める SAF の割合 (b)	SAF ポテンシャル (原油換算トン SAF) (c) (4.1 億×(b))	換算係数 (原油換算トン SAF/乾燥トン原料) (d) ((c) / (a))
⑨都市ごみ	96,000 万	28%	11,480 万	0.12

出所) World Economic Forum, Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation より作成

CO₂・水素（合成燃料）の場合

CO₂・水素由来の SAF の製造は、CO₂ 排ガスと水素を由来とした合成燃料 (e-Fuel) が想定される。製造方法としては、以下のとおり様々なパスウェイが存在するが、グリーンイノベーション基金における「CO₂ 等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトにおける研究開発内容として位置づけられた CO₂ の逆シフト反応と FT 合成の組合せのパスウェイを想定するものとした。

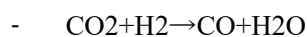
表 4 合成燃料製造における中間生成物及び製造パスウェイ

中間生成物	製造パスウェイ
合成ガス (CO/H ₂)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 水素と CO₂ の逆シフト反応 ➤ 水と CO₂ の共電解
メタノール	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 電気分解水素による CO₂ の還元 ➤ 光触媒や直接電解法による水と CO₂ からのメタノール製造

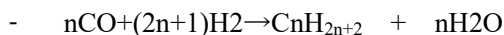
表 5 合成燃料製造における中間生成物から炭化水素油までの製造パスウェイ

中間生成物	製造パスウェイ
合成ガス (CO/H ₂)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ FT 合成 ➤ エタノール/メタノール合成からの ATJ (脱水・オリゴマー化)
メタノール	➤ 脱水 DME 化、脱水、オリゴマー化

水素と CO₂ の逆シフト反応の化学反応式は以下のとおりである。CO₂ が 1 モル、水素 1 モルに対して、1 モルの CO が獲得できる。



また、FT 合成の化学式は以下のとおりである。



FAA による説明資料によると、ジェット燃料油を構成する多くを占めるケロシン系の燃料に占める 3 分の 2 程度の成分が炭素数 10 程度のノルマル・パラフィン ($\text{C}_{10}\text{H}_{22}$) とイソ・パラフィン ($\text{C}_{10}\text{H}_{22}$) (質量数 142) により構成されている。ここで、簡素化のため、炭素と水素の原子数の比率を 10:22 と設定する (前述の式で $n=10$ とする)。

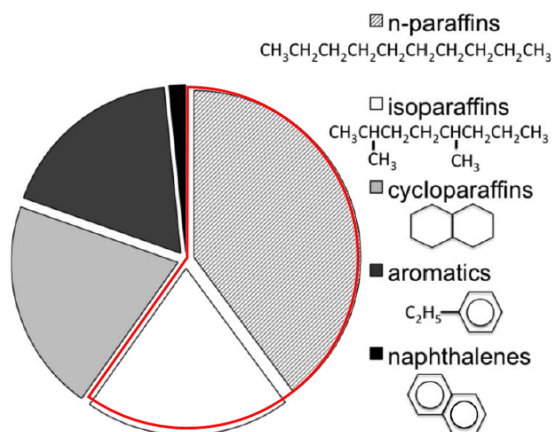


図 8 従来ジェット燃料の成分

出所) Fuel Approval Process & Status (James Hileman, 2019)

換算係数の推計の考え方として、逆シフト反応+FT 合成で用いる原料である①水素の供給ポテンシャルに基づく方法と② CO_2 の供給ポテンシャルに基づく方法を検討した。

①の場合、合成燃料の元となる FT ワックス 1 モル ($\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ の質量 142) を製造するためには、水素の質量が 62 必要となる。この FT ワックス質量数 142 と FT 合成と逆シフト反応での投入水素質量 62 と、合成燃料の質量が FT ワックスの質量の 60%⁹であることから、換算係数を 1.37 g-合成燃料/g-水素と設定した。

②の場合、FT ワックス 1 モル ($\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ の質量 142) を製造するためには、 CO_2 の質量が 440 必要となる。この FT ワックス質量数 142 と逆シフト反応での投入 CO_2 質量 440 と、合成燃料の質量が FT ワックスの質量の 60%であることから、換算係数を 0.19g-合成燃料/g- CO_2 と設定した。

⁹ World Economic Forum, Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation, 2020 年 11 月

SAF（原油換算トン）から SAF（kL）への換算係数

[原油換算トン SAF]から[kL SAF]への換算係数については、41,870 MJ/原油換算トンとジェット燃料の発熱量 36.54MJ/L¹⁰ を用いて計算される 1.15 kL-SAF/原油換算トン SAF を用いる。

¹⁰ <https://www.paj.gr.jp/statis/kansan/> (SAF の発熱量はジェット燃料と同じとみなした。)

(1) 検討の総括

各原料における SAF ポテンシャルの試算については①未利用量（海外流出分を含む）、②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分、③全ポテンシャルの3ケースの原料ポテンシャルを元に推計を行った。

表 6 原料別国内 SAF ポテンシャル推計試算結果

カテゴリ	原料名	国内 SAF ポテンシャル			
		kL/年	国内ジェット燃料需要にする比率	推計対象範囲	
油脂系バイオマス	廃棄油脂 (食用油・廃獣脂)	①約 5.0 万	①0.4%	①海外輸出分 ②燃料原料として活用されている廃棄油脂 (国内利用、海外輸出計) ③国内の処理回収全量(飼料・工業原料を含む)	
		②約 5.6 万	②0.4%		
	③約 21 万	③1.6%	※近隣諸国においては、中国において 17 万トン、その他のアジア諸国で数万～数十万トンの未利用量が賦存。		
	廃棄油脂 (PFAD, POME)	※国内では発生なし。パーム油生産国の尼・馬・泰では PFAD 由来で約 175 万 kL/年、POME 由来で約 73 万 kL/年に相当する賦存量			
	主産物 油糧作物	約 3.2 万	0.2%	国内における荒廃農地における油糧作物 (例としてジャトロファ) の生産	
セルロース系原料	残渣	農業残渣	①②約 73 万 ③約 106 万	①② 5.6% ③8.1%	①②農水省統計の農作物非食部の未利用量 (69%) ③農水省統計の農作物非食部の全量
		森林残渣	①約 87 万 ②約 106 万 ③約 122 万	①6.6% ②8% ③9.3%	①農水省統計の林地残材の未利用量(71%) ②①+バイオマス発電に供されている量 (87%) ③農水省統計の林地残材の全量
		製材残渣	①約 1.4 万 ②約 3.1 万 ③約 64 万	①0.1% ②0.2% ③4.9%	①農水省統計の製材残材の未利用量(2%) ②①+バイオマス発電に供されている量 (5%)③農水省統計の製材残材の全量
		建設発生木材	①約 2.2 万 ②約 3.4 万 ③約 55 万	①0.2% ②0.3% ③4.2%	①農水省統計の建設発生木材の未利用量 (4%) ②①+バイオマス発電に供されている量 (6%) ③農水省統計の建設発生木材の全量
糖料作物		③約 2.3 万	③0.2%	③サトウキビ国内生産量全利用を想定	
廃棄物 (油脂成分を除く)		一般廃棄物 ①約 3 万 ②約 259 万 ③約 306 万 産業廃棄物 ①約 17 万 ②約 17~118 万 ③約 118 万	一般廃棄物 ①0.2% ②20% ③23% 産業廃棄物 ①1.3% ② 1.3~9% ③9%	一般廃棄物 ①直接最終処分されている量(1%) ②①+発電用に供されている一般廃棄物量 (84%) ③一般廃棄物の発生量全量 産業廃棄物 ①再生利用されていない廃プラスチック類、紙くず、動植物性残さ(15%) ③廃プラスチック類、紙くず、動植物性残さ発生全量	
CO2・水素		約 514 万	39%	グリーン成長戦略の 2030 年水素供給量目標 300 万トンから推計	

(2) 副産物の油脂系原料のポテンシャル推計

1) 廃棄油脂

a. 全国油脂事業協同組合連合会のデータによる推計（廃棄油脂）

全国油脂事業協同組合連合会が作成している「UC オイルのリサイクルの流れ図」（2021年3月）（図9）によると、年間、事業系の廃棄油脂（廃食油及び廃獣脂）が42万トン、家庭系の廃棄油脂（廃食油）が10万トン、合計52万トンの廃棄油脂が発生しているとされている。

このうち、38万トンが回収され、飼料及び工業原料として28万トンが利用され、燃料原料として国内で1万トンが利用されている。また、燃料原料として9万トンが海外に輸出されている。

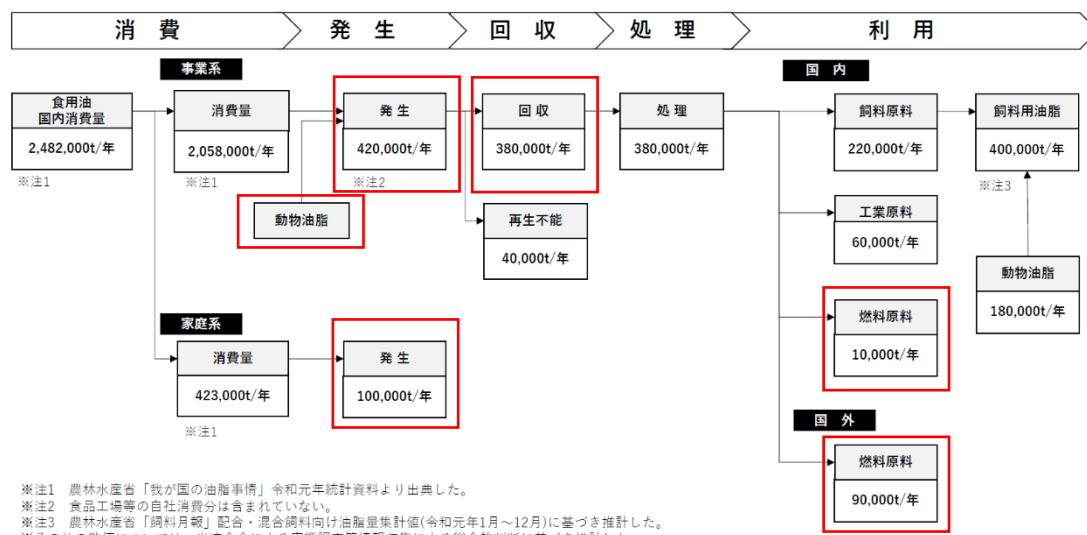


図9 全国油脂事業協同組合連合会における廃棄油脂のフロー（令和2年度分）
 出所）全国油脂事業協同組合連合会ウェブサイト

推計①として輸出分9万トン分を利用可能なものとする。前述の「原料からSAFへの換算係数」に基づいてトン原料から原油換算トンに単位換算した後、表1の廃棄油脂の換算係数0.51を用いてSAF（原油換算トン）に換算する。更に、前述の「SAF（原油換算トン）からSAF（kL）への換算係数」に基づいてkL単位に換算すると約5万kLとなる。

推計②として輸出分に加えて国内利用の燃料原料向けに用いられている1万トン分を加えた10万トンを利用可能とすると、SAFに換算して約5.6万kLとなる。なお、①②は量として大きな違いはなく、足元の日本におけるジェット燃料需要の約0.4%に相当する。

推計③として仮に全回収量 38 万トン全てを SAF として供する場合（飼料原料・工業原料で既に用いられている分も含む）、SAF に換算すると約 21 万 kL となる。これは足元の日本におけるジェット燃料需要の約 1.6% に相当する。

表 7 国内廃棄油脂の SAF ポテンシャル

	算定対象範囲	原料ポテンシャル(トン原料)	SAF ポテンシャル(kL)	国内ジェット燃料需要の比率
①未利用(海外流出分)	燃料原料輸出入	9 万	5.0 万	0.4%
②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分	燃料原料分全量 (①+国内燃料原料)	10 万	5,6 万	0.4%
③全ポテンシャル	事業用食用油・動物油脂のうち回収・処理される全量	38 万	21 万	1.6%

(参考 1) 廃食油に係る周辺国の発生量推計

オランダの調査会社である CE Delft 社による欧州における廃食油の供給可能性に関する評価結果（2020 年 12 月）によると、欧州域外の国として米国、インドネシア、中国等における廃食油のポテンシャルは下表のとおり。

これらのデータと国連における人口統計データ（UNDATA）から、人口当たりの廃食油のポテンシャル（原単位）を推計した。

この原単位と我が国周辺国の人口を乗じることにより、周辺国の廃食油ポテンシャル及び HEFA プロセスにより SAF を製造する場合のポテンシャルを推計した。なお、米国の原単位は先進国の原単位、インドネシアの原単位は東南アジアの原単位を代表するものと仮定した。

その結果中国においては約 17 万 kL、その他アジア諸国においても合計 90 万 kL 程度の SAF のポテンシャルがあると推計される。

表 8 CE Delft 社レポートに基づく廃食油発生量と人口当たり原単位

国	2013 年 全ポテンシャル (参考)	2013 年 ポテンシャル (他用途との 競合なし) (a)	2013 年人口(b)	人口当たり ポテンシャル(c) (a)/(b)
米国	89 万トン/年	41 万トン/年	316,401 千人	1.3kg/人・年①

インドネシア	65 万トン/年	58 万トン/年	251,805 千人	2.3kg/人・年②
中国	300 万トン/年	30 万トン/年	1,391,883 千人	0.22kg/人・年③

出所) Used Cooking Oil (UCO) as biofuel feedstock in the EU (CE Delft 社,2020) 及び国連 UNDATA より作成

表 9 CE Delft 社レポートから推計した原単位に基づく SAF ポテンシャル推計

国	2020 年人口(d) 千人	適用原単位(e)	年間ポテンシャル (トン原料) (f) ((d)×(e))	年間ポテンシャル (原油換算 トン原料) (g)*1	SAF ポテンシャル (h)*2
中国	1,439,324	③	31 万	29 万	17 万 kL
韓国	51,269	①	6.6 万	6.3 万	3.7 万 kL
台湾	23,817	①	3.1 万	2.9 万	1.7 万 kL
インドネシア	273,524	②	63 万	60 万	35 万 kL
フィリピン	109,581	②	25 万	24 万	14 万 kL
ベトナム	97,339	②	22 万	21 万	12 万 kL
タイ	69,800	②	16 万	15 万	8.9 万 kL
上記除く東南 アジア全域	118,377	②	27 万	26 万	15 万 kL
(参考) 日本	126,476	①	16 万	16 万	9.1 万 kL

*1 前述の「原料から SAF への換算係数」に基づいて(f)から換算

*2 表 1 の廃棄油脂の換算係数 0.51 を用いて(g)から SAF (原油換算トン) に換算し、更に、前述の「SAF (原油換算トン) から SAF (kL) への換算係数」に基づいて換算

出所) Used Cooking Oil (UCO) as biofuel feedstock in the EU (CE Delft 社,2020) 及び国連データより作成

(参考 2) PFAD・POME

パームから発生する各バイオマス種を図 10 に記す。WEF において推計の対象となった PFAD はパーム粗油 (CPO) の精製プロセスにおいて残渣として発生、POME は搾油工程においてパーム工場廃液として発生する。PFAD は CPO に対して 5%発生¹¹する。POME はパームヤシ果房 (FFB) から 60%発生し、CPO 比で 3 倍の発生となり¹²、さらに POME に含まれる油脂分は 0.7%¹³である。

¹¹ World Economic Formm, Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation、2020 年 11 月

¹² 地方独立行政法人北海道立総合研究機構、「発電用バイオマスの輸入について～PKS の供給可能性に関する一考察～ (前編)」

¹³ World Economic Formm, Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation、2020 年 11 月

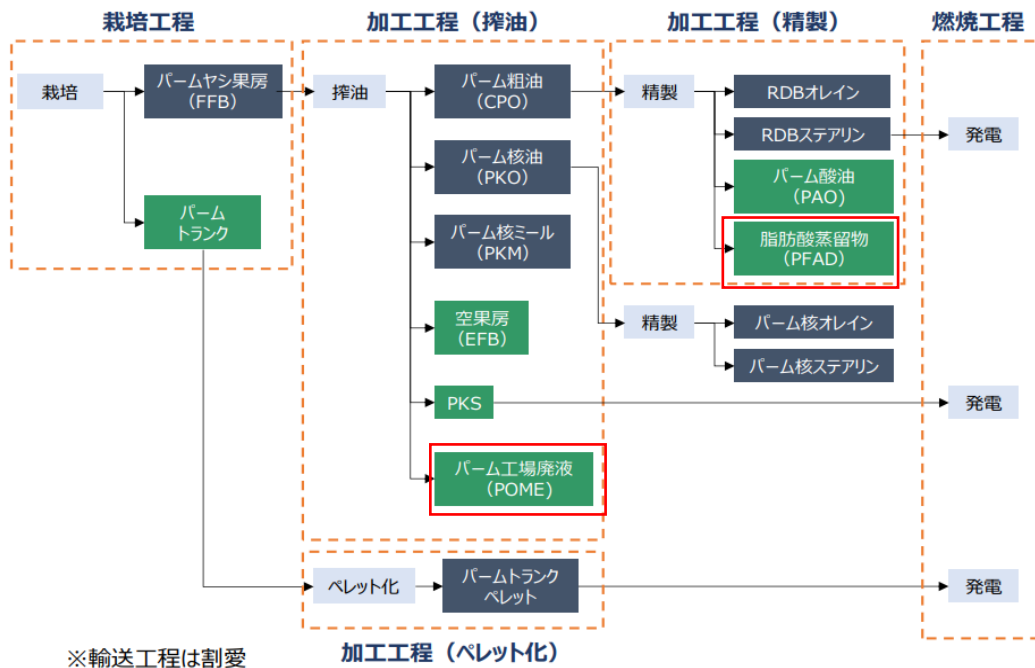


図 10 オイルパームから発生する各産出物
 出所) 資源エネルギー庁、バイオマス持続可能性ワーキンググループ資料、2020年11月

パームオイルの生産量は、インドネシアにおいて約 4,000 万トン（約 57%）、マレーシアにおいて約 2,000 万トン（約 27%）とこの 2 か国での生産が世界全体の 8 割以上を占めている。ここで、パームオイルとは、CPO とパーム核油（PKO）を指すが、搾油から発生するオイルとしては CPO がほとんどを占める¹⁴。

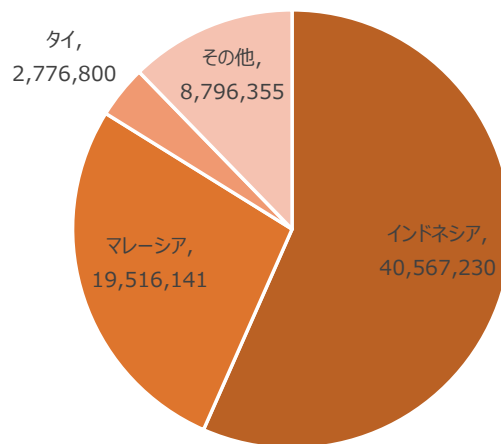


図 11 2018 年の世界におけるパームオイル生産量（トン/年）
 出所) FAO STAT

上記パームオイルの生産量を CPO の生産量とみなし、CPO からの PFAD の発生率、CPO

¹⁴ 地方独立行政法人北海道立総合研究機構、「発電用バイオマスの輸入について～PKS の供給可能性に関する一考察～（前編）」

比の POME の発生率及び POME に含まれる油脂比率を用いて、前述の「原料から SAF への換算係数」に基づいてトン原料から原油換算トンに単位換算し、PFAD 発生量（原油換算トン）及び POME に含まれる油脂分発生量(原油換算トン)を試算する。更に、表 1 の廃棄油脂の換算係数 0.51 を用いて SAF（原油換算トン）に換算し、前述の「SAF（原油換算トン）から SAF（kL）への換算係数」に基づいて、kL 単位に換算すると以下のとおり。

PFAD によるポテンシャルは 3 か国で約 175 万 kL、POME は約 73 万 kL と試算された。

表 10 インドネシア・マレーシア・タイにおける PFAD, POME の SAF ポテンシャル

	PFAD 発生量 (トン)	PFAD 発生量 (原油換算トン)	SAF ポテンシャル(kL)
インドネシア	203 万	193 万	113 万
マレーシア	98 万	93 万	54 万
タイ	14 万	13 万	7.7 万
合計	314 万	299 万	175 万

	POME 発生量 (トン)	POME 発生量 (原油換算トン)	POME に含まれる 油脂分発生量(原油 換算トン)	SAF ポテン シャル(kL)
インドネシア	12,170 万	11,568 万	81 万	47 万
マレーシア	5,855 万	5,565 万	39 万	23 万
タイ	833 万	792 万	5.5 万	3.2 万
合計	18,858 万	17,926 万	125 万	73 万

(3) 主産物（油糧作物）のポテンシャル推計

令和元年耕地及び作付面積統計に基づく、農林水産省発表による国内の荒廃農地の面積¹⁵は、28万haとされている。WEFにおける推計では、伐採地域等の炭素ストックの減少を伴った近年の土地利用変化が生じた土地を除外することを理由に、世界の荒廃地のうち1%のみを分析対象としているが、我が国における荒廃農地は森林からの転換によるものは多くないものと考えられることから、10%の利用が可能であるものと想定する。

WEFでは1ha当たり生産されるジャトロファの生産量を2.5トンと設定しており、2.8万haから産出される量は7万トン/年と推計される。

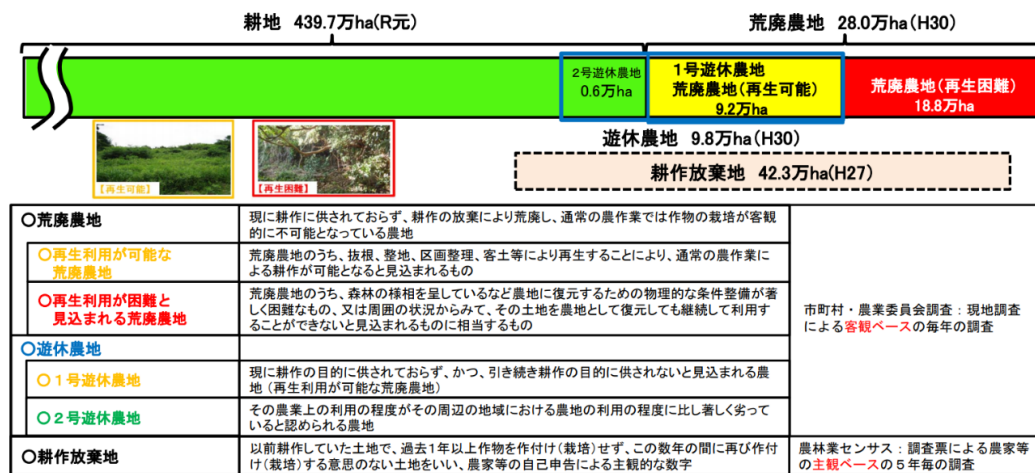


図 12 国内の農地・荒廃農地の面積

出所) 農林水産省、「荒廃農地の現状と対策について」

https://www.maff.go.jp/j/nousin/tikei/houkiti/Genzyo/PDF/Genzyo_0204.pdf

前述の「原料から SAF への換算係数」に基づいてトン原料から原油換算トンに単位換算した後、表 1 の油糧作物の換算係数 0.43 を用いて SAF (原油換算トン) に換算する。更に、前述の「SAF (原油換算トン) から SAF (kL) への換算係数」に基づいて kL 単位に換算すると約 3.2 万 kL となる。足元の日本におけるジェット燃料需要の約 0.2% に相当する。なお、油糧作物は現状、生産が行われていないものであるため、推計①②③とも同じポテンシャルであるものと整理した。

¹⁵ https://www.maff.go.jp/j/nousin/tikei/houkiti/Genzyo/PDF/Genzyo_0204.pdf (2021年9月2日閲覧)

表 11 国内油糧作物の SAF 製造ポテンシャル

	算定対象範囲	原料ポテンシャル (トン)	SAF ポテンシャル (kL)	国内ジェット燃料需要の比率
①未利用(海外流出分含む) ②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分 ③全ポテンシャル	国内における荒廃地における油糧作物(例としてジャトロファ)の生産	7万	3.2万	0.2%

(4) 副産物のセルロース系原料のポテンシャル推計

1) 農業残渣

農林水産省の統計「バイオマス種類別の利用率等の推移」

農林水産省の統計「バイオマス種類別の利用率等の推移」(R3. 4月とりまとめ)によると、農作物非食用部の発生量は約1,200万トン/年である。また含水率30%¹⁶を除くと、約840万乾燥トン/年である。さらに、未利用率は約69%であるため、未利用量は約580万乾燥トン/年である。

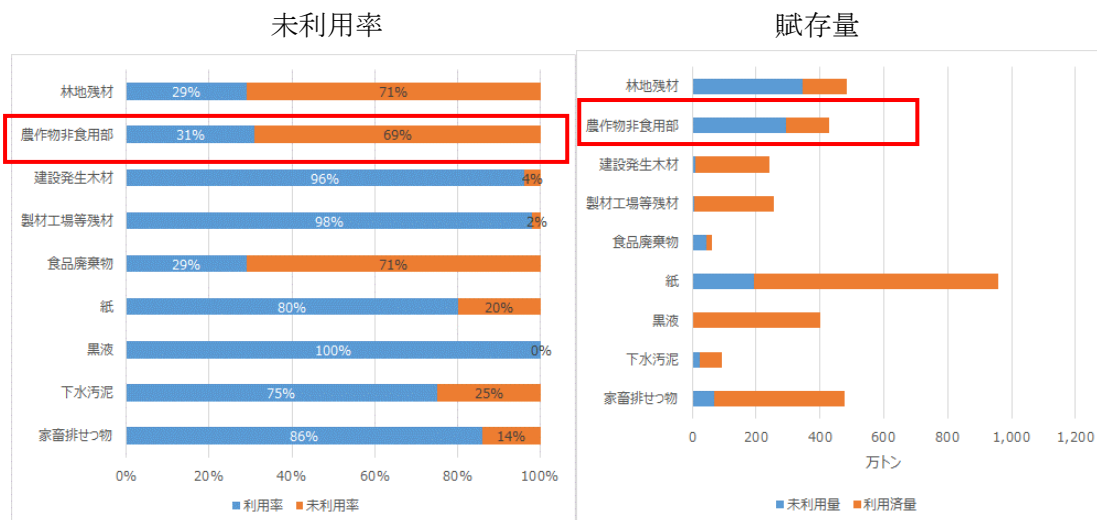


図 13 国内バイオマス種類別の未利用率と賦存量 (2019年)

出所) 農林水産省、「バイオマス種類別の利用率等の推移」より作成

¹⁶ 富士経済、「バイオマスの生産及び動向」

推計①として、農作物非食用部未利用量 580 万乾燥トンに対して前述の表 2 に記載されているセルロース系原料の換算係数 0.11 を用いて SAF（原油換算トン）に換算した後、前述の「SAF（原油換算トン）から SAF（kL）への換算係数」に基づいて kL 単位に換算すると約 73 万 kL となる。これは足元の日本におけるジェット燃料需要の約 5.6%に相当する。

農業残渣は現時点において FIT 制度の対象とはなっておらず、発電等に用いられている分は限定的と考えられ、推計②は推計①と同様とした。

推計③として農作物非食用部全量 840 万乾燥トンを SAF に換算すると約 106 万 kL となる。これは足元の日本におけるジェット燃料需要の約 8.1%に相当する。

表 12 国内農業残渣の SAF 製造ポテンシャル

	算定対象範囲	原料ポテンシャル(乾燥トン)	SAF ポテンシャル(kL)	国内ジェット燃料需要の比率
①未利用(海外流出分含む) ②未利用量に加え発電等バイオマス以外の供給源がある既利用分	農林水産省統計における農作物非食用部の未利用全量(69%)	580 万	73 万	5.6%
③全ポテンシャル	農林水産省統計における農作物非食用部の全量	840 万	106 万	8.1%

2) 森林残渣

農林水産省の統計「バイオマス種類別の利用率等の推移」(R3. 4 月とりまとめ)によると、林地残材の発生量は約 970 万乾燥トン/年である。さらに統計では既利用率約 29%であることから未利用率は約 71%であるため、未利用量は約 689 万乾燥トン/年である（なお、森林計画制度によって伐採立木材積の計画量が定められていることに注意が必要である）。また現状、森林残渣は未利用材として FIT 制度の対象となっており、日本木質バイオマスエネルギー協会の推計¹⁷⁾によると約 151 万乾燥トン/年が国内バイオマス発電所に供されている。

¹⁷⁾ 令和 2 年度木質バイオマス燃料の需給動向調査 成果報告書

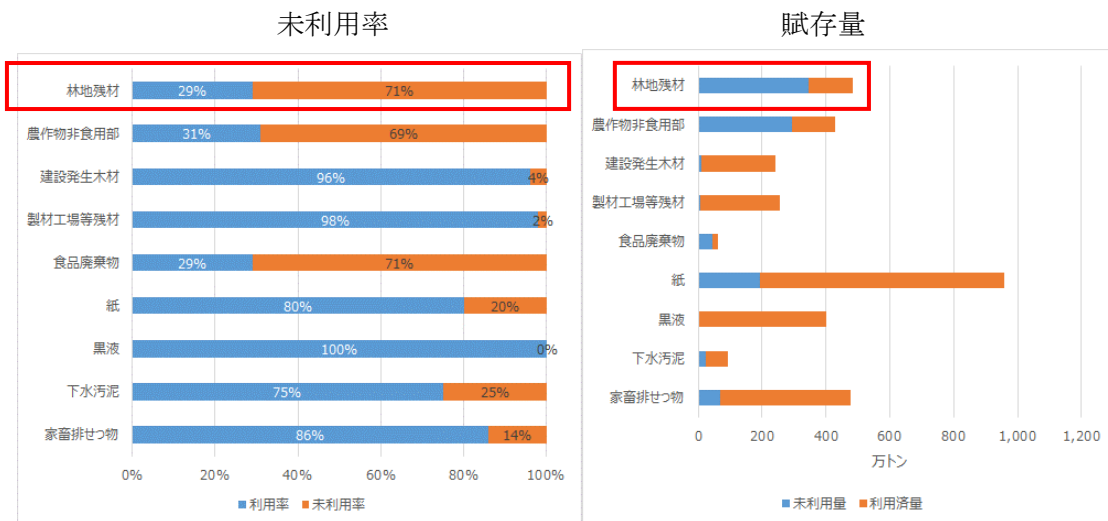


図 14 国内バイオマス種類別の未利用率と賦存量 (2019 年)

出所) 農林水産省、「バイオマス種類別の利用率等の推移」より作成

推計①として、林地残材未利用量約 689 万乾燥トンに対して前述の表 2 に記載されているセルロース系原料の換算係数 0.11 を用いて SAF (原油換算トン) に換算した後、前述の「SAF (原油換算トン) から SAF (kL) への換算係数」に基づいて kL 単位に換算すると約 73 万 kL となる。これは国内ジェット燃料需要の約 6.6%に相当する。

推計②として、森林残渣は未利用材として FIT 制度の対象となっており、上述記載の約 150 万乾燥トン分を勘案して、全体で約 839 万乾燥トンを原料ポテンシャルとし、SAF に換算すると約 106 万 kL となる。これは国内ジェット燃料需要の約 8.0%に相当する。

推計③として森林残渣国内全量 970 万乾燥トンを SAF に換算すると約 122 万 kL となる。これは国内ジェット燃料需要の約 9.3%に相当する。

表 13 国内森林残渣の SAF 製造ポテンシャル

	算定対象範囲	原料ポテンシャル(乾燥トン)	SAF ポテンシャル(kL)	国内ジェット燃料需要の比率
①未利用(海外流出分含む)	農林水産省統計による林地残材の未利用量全量(71%)	689 万	73 万	6.6%
②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分	①に加えてバイオマス発電所に供されている量(87%)	839 万	106 万	8.0%
③全ポテンシャル	農林水産省統計による林地残材全量	970 万	122 万	9.3%

3) 製材残渣

農林水産省の統計「バイオマス種類別の利用率等の推移」(R3. 4月とりまとめ)によると、製材工場等残材の発生量は約510万乾燥トン/年であり、これを採用する。さらに統計では既利用率は約98%であることから未利用率は約2%であるため、未利用量は約10万乾燥トン/年である。また日本木質バイオマスエネルギー協会の推計によると発電用に供されている量は13万乾燥トン/年程度であるが、この他の利用済みの量の多くは製材所等での熱利用など、他の有用な供給源がない用途に利用されている。

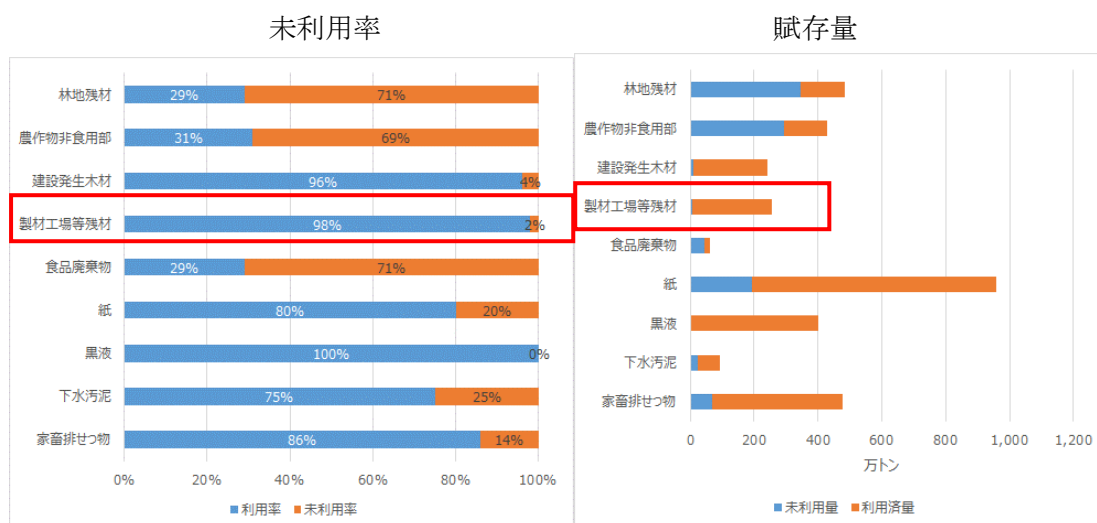


図 15 国内バイオマス種類別の未利用率と賦存量 (2019 年)

出所) 農林水産省、「バイオマス種類別の利用率等の推移」より作成

推計①として、製材工場等残材の未利用量約10万乾燥トンに対して前述の表2に記載されているセルロース系原料の換算係数0.11を用いてSAF(原油換算トン)に換算した後、前述の「SAF(原油換算トン)からSAF(kL)への換算係数」に基づいてkL単位に換算すると約1.4万kLとなる。これは国内ジェット燃料需要の約0.1%に相当する。

推計②として、推計①に加えて、上述記載の発電用の約13万乾燥トン分を追加勘案して、全体で約24万乾燥トンを原料ポテンシャルとし、SAFに換算すると約3.1万kLとなる。これは国内ジェット燃料需要の約0.2%に相当する。

推計③として製材工場等残材国内全量約510万乾燥トンをSAFに換算すると約64万kLとなる。これは国内ジェット燃料需要の約4.9%に相当する。

表 14 国内製材残渣の SAF 製造ポテンシャル

	算定対象範囲	原料ポテンシャル(乾燥トン)	SAF ポテンシャル(kL)	国内ジェット燃料需要の比率
①未利用(海外流出分含む)	農林水産省統計による製材工場等残材未利用量全量(2%)	10 万	約 1.4 万	0.1%
②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分	①に加えてバイオマス発電所に供されている量(5%)	24 万	約 3.1 万	0.2%
③全ポテンシャル	農林水産省統計による製材工場等残材全量	510 万	約 64 万	4.9%

4) 建設発生木材

農林水産省の統計「バイオマス種類別の利用率等の推移」(R3. 4月とりまとめ)によると、建設発生木材の発生量は約 550 万トン/年である。統計内の建設発生木材は湿潤重量であり、含水率 20%¹⁸を勘案すると、約 440 万乾燥トン/年である。さらに統計では既利用率は約 96%であることから未利用率は約 4%であるため、未利用量は約 17.6 万乾燥トン/年である。また日本木質バイオマスエネルギー協会の推計によると発電用に供されている量は 9.4 万乾燥トン/年程度である。

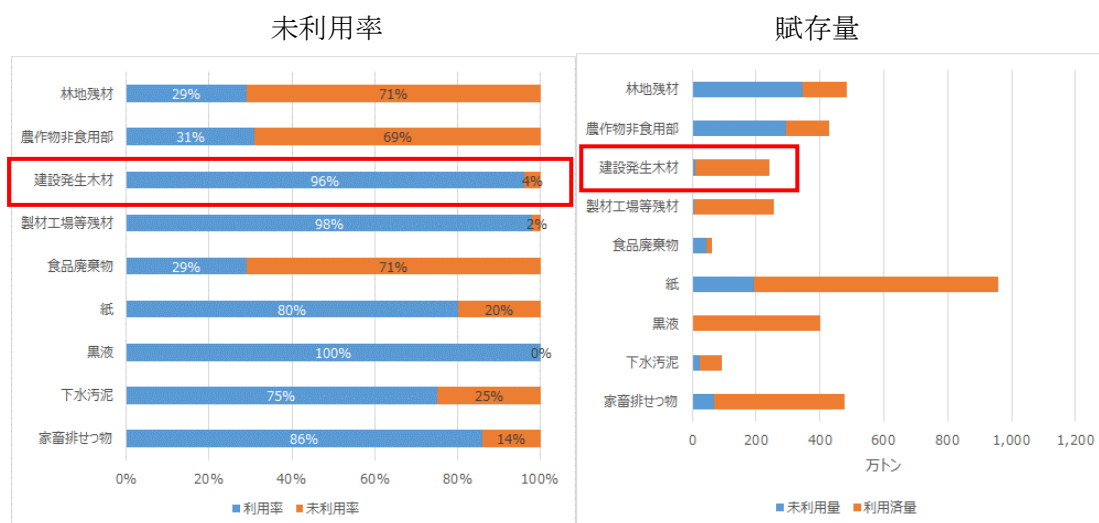


図 16 国内バイオマス種類別の未利用率と賦存量 (2019 年)

¹⁸ 富士経済, 「バイオマスの生産及び価格動向についての調査」, 2014 年

出所) 農林水産省、「バイオマス種類別の利用率等の推移」より作成

推計①として、建設発生木材の未利用量約 17.6 万乾燥トンに対して前述の表 2 に記載されているセルロース系原料の換算係数 0.11 を用いて SAF (原油換算トン) に換算した後、前述の「SAF (原油換算トン) から SAF (kL) への換算係数」に基づいて kL 単位に換算すると約 2.2 万 kL となる。これは国内ジェット燃料需要の約 0.2% に相当する。

推計②として、推計①に加えて、上述記載の発電用の約 9.4 万乾燥トン分を追加勘案して、全体で約 27 万乾燥トンを原料ポテンシャルとし、SAF に換算すると約 3.4 万 kL となる。これは国内ジェット燃料需要の約 0.3% に相当する。

推計③として建設発生木材国内全量約 440 万乾燥トンを SAF に換算すると約 55 万 kL となる。これは国内ジェット燃料需要の約 4.2% に相当する。

表 15 国内建設発生木材の SAF 製造ポテンシャル

	算定対象範囲	原料ポテンシャル(乾燥トン)	SAF ポテンシャル(kL)	国内ジェット燃料需要の比率
①未利用(海外流出分含む)	農林水産省統計による建設発生木材未利用量全量(4%)	17.6 万	2.2 万	0.2%
②未利用量に加え発電等バイオマス以外の供給源がある既利用分	①に加えてバイオマス発電所に供されている量(6%)	27 万	3.4 万	0.3%
③全ポテンシャル	農林水産省統計による建設発生木材全量	440 万	55 万	4.2%

(5) 主産物（糖料作物）のポテンシャル推計

主産物である糖料作物の供給ポテンシャルとして、国内で生産されているサトウキビを原料とすると仮定して試算したところ、国内のサトウキビ生産量約 116 万トン/年¹⁹である。含水率 50%²⁰を除いた約 58 万乾燥トン/年である。

推計③として前述の NREL の推計における製造方法 AtJ に該当するサトウキビ本体からの SAF 換算係数(39.7L/乾燥トン)を乗算すると、SAF 換算で約 2.3 万 kL 程度の生産ポテンシャルと推計された。これは足元の国内のジェット燃料需要の約 0.2%に相当する。これは、サトウキビ本体は現状食料等に用いられているものであり、推計①②はゼロと整理した。

表 16 国内糖料作物の SAF 製造ポテンシャル

	算定対象範囲	原料ポテンシャル (乾燥トン)	SAF ポテンシャル(kL)	国内ジェット燃料需要の比率
③全ポテンシャル	国内におけるサトウキビ国内生産量全利用を想定	58 万	2.3 万	0.2%

¹⁹ FAO STAT、<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>

²⁰ 富士経済、「バイオマスの生産及び価格動向についての調査」, 2014 年

(6) 廃棄物（油脂成分を除く）のポテンシャルの推計

1) 一般廃棄物

国内における一般廃棄物におけるポテンシャルは「一般廃棄物の排出及び処理状況等（令和元年度）」（2021年3月環境省発表）によると、2019年度における一般廃棄物量は全体で4,095万トン/年（湿潤重量）であり、含水率45.6%²¹を除くと、2,228万乾燥トン/年となる。一方、直接焼却が全量80%程度、その他資源化中間処理等され、未利用分として直接最終処分されている量は40万トン/年（湿潤重量）であり、含水率を除くと21.8万乾燥トン/年である。また環境省の発表²²によると現状、発電用に供されている一般廃棄物の量は約3,418万トン/年（湿潤重量）²³、含水率を除くと約1,859万乾燥トン/年と推計される。

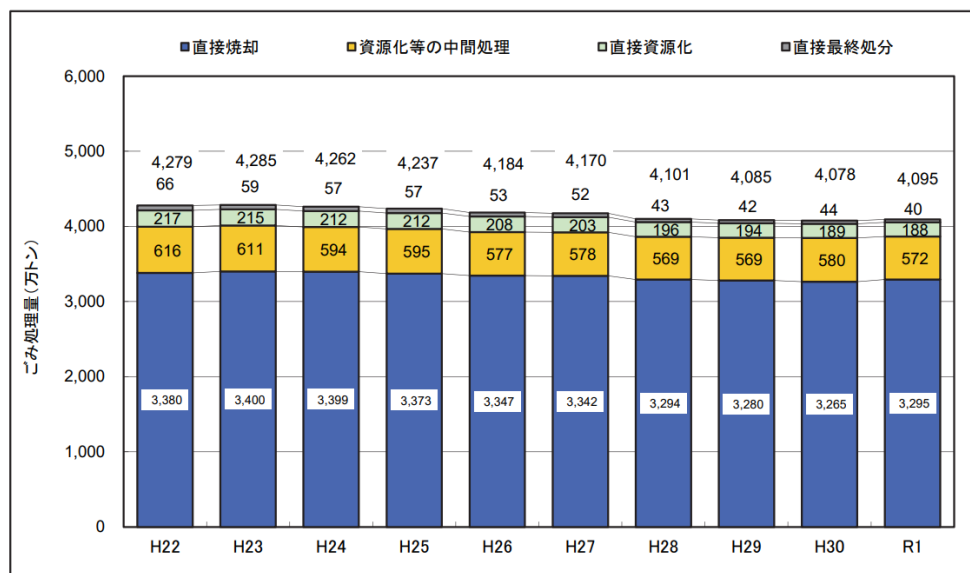


図 17 一般廃棄物の総処理量の推移
 出所) 環境省、「一般廃棄物の排出及び処理状況等（令和元年度）」

²¹ 廃棄物資源循環学会 公開セミナー、<https://jsmcwm.or.jp/mswi/files/2020/05/jsmcwm-shoukyaku-20200528-all.pdf>, 2021年12月閲覧

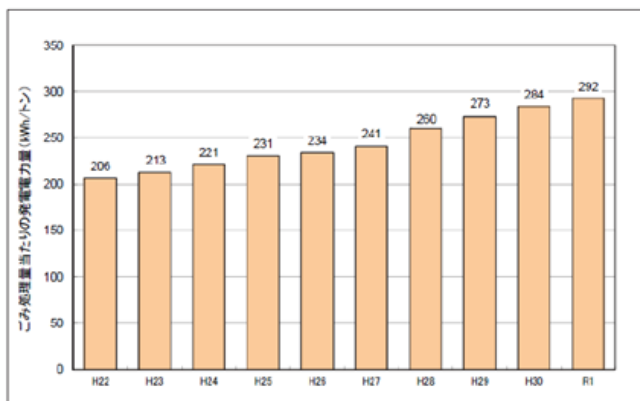
²² 我が国のバイオ燃料の導入に向けた技術検討委員会（第1回）資料2
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/bio_nenryo/pdf/001_02_00.pdf

²³ 環境省、「一般廃棄物処理事業実態調査の結果（令和元年度）について」、
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/115966.pdf> より、ごみ焼却施設の発電の状況から推計した。
 （総発電電力量 9,981GWh） / （ごみ処理量当たりの発電電力量 292kWh/トン）

表-3 ごみ焼却施設の発電の状況

発電施設数		384	(379)
総発電能力	(MW)	2,078	(2,069)
発電効率(平均)	(%)	13.74	(13.58)
総発電電力量	(GWh)	9,981	(9,553)

※ () 内は平成30年度の数値を示す。


 図-13 ごみ処理量当たりの発電電力量^[注1]

$$\text{注1: } \text{ごみ処理量当たりの発電電力量 (kWh/ト)} = \frac{\text{ごみ焼却施設における年間総発電電力量 (kWh)}}{\text{ごみ焼却施設におけるごみの年間処理量 (ト)}}$$

図 18 一般廃棄物の発電電力量

出所) 環境省、「一般廃棄物処理事業実態調査の結果(令和元年度)について」

推計①として、未利用量として直接最終処分されている量は21.8万乾燥トン/年を原料ポテンシャルとして前述表3の都市ごみの換算係数0.12を用いてSAF(原油換算トン)に換算した後、前述の「SAF(原油換算トン)からSAF(kL)への換算係数」に基づいてkL単位に換算すると、約3.0万kLとなる。これは足元の国内ジェット燃料需要の約0.2%に相当する。

推計②として、推計①に加えて発電用に供されている一般廃棄物の量約1,881万乾燥トン分を勘案してSAF換算すると約259万kLとなる。これは足元の国内ジェット燃料需要の約20%に相当する。

推計③として、一般廃棄物全量約2,228万乾燥トン分をSAF換算すると約306万kLとなる。これは足元の国内ジェット燃料需要の約23%に相当する。

表 17 国内一般廃棄物の SAF 製造ポテンシャル

	算定対象範囲	原料ポテンシャル(トン)	SAF ポテンシャル(kL)	国内ジェット燃料需要の比率
①未利用(海外流出分含む)	直接最終処分されている量(1%)	21.8 万	3.0 万	0.2%
②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分	①+発電用に供されている一般廃棄物の量(84%)	1,881 万	259 万	20%
③全ポテンシャル	一般廃棄物の発生量全量	2,228 万	306 万	23%

2) 産業廃棄物

産業廃棄物には合計 20 品目が存在するが、この中で SAF の原料となる固体の有機成分を含み、尚且つ発生量が 100 万トン²⁴ を超えるものとして、廃油、廃プラスチック類、紙くず、木くず、動植物性残さが SAF の原料として想定される。ただし、廃油は前述の廃棄油脂に、木くずは副産物のセルロース系原料に含まれると考えられるため、廃プラスチック類、紙くず、動植物性残さを対象とすると、発生量全体は約 1,067 万トン/年（湿潤重量）となる。廃プラスチック類は乾燥重量だが、紙くずと動植物性残さの含水率はそれぞれ 10%²⁵、80%²⁶を除いて、約 861 万乾燥トン/年と考えられる。

²⁴ 令和 2 年度事業産業廃棄物排出・処理状況調査報告書（2021 年 3 月）

²⁵ 富士ゼロックス HP, https://www.fujifilm.com/fb/support/publishing/docucolor_7171p/images/paper.pdf , 2021 年 12 月閲覧

²⁶ <http://jisedai-energy-satsumasendai.jp/wp-content/uploads/downloads/2013/03/52875629872521bcd2fbc5b3aeb8a1b0.pdf> , 2021 年 12 月閲覧

表 18 産業廃棄物の種類別排出量

表-III・3 産業廃棄物の種類別排出量（令和元年度実績値）

種類	平成30年度(参考)		令和元年度	
	排出量(千t)	割合(%)	排出量(千t)	割合(%)
燃 え 殻	2,456	0.6	2,423	0.6
汚 泥	167,378	44.2	166,921	44.0
廃 油	3,081	0.8	3,086	0.8
廃 酸	2,752	0.7	2,782	0.7
廃 アルカリ	2,262	0.6	2,307	0.6
廃 プラスチック類	7,064	1.9	7,154	1.9
紙 く ず	1,094	0.3	1,090	0.3
木 く ず	7,532	2.0	7,681	2.0
織 維 く ず	72	0.0	78	0.0
動 植 物 性 残 さ	2,407	0.6	2,426	0.6
動物系固形不要物	66	0.0	68	0.0
ゴ ム く ず	16	0.0	17	0.0
金 属 く ず	7,435	2.0	7,129	1.9
ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず	8,856	2.3	9,065	2.4
鉱 さ い	13,660	3.6	13,923	3.7
が れ き 類	56,278	14.9	56,953	15.0
動物のふん尿	80,509	21.3	81,079	21.4
動物の死体	123	0.0	123	0.0
ば い じ ん	15,791	4.2	15,448	4.1
合 計	378,832	100.0	379,753	100.0

※ 各種類の産業廃棄物の排出量は四捨五入しているため、合算した値は合計値と異なる場合がある。
 ※ 動物の死体については、推計に用いる家畜共済統計表（農林水産省）の公表が延期されたことから、平成29年度の死亡率を用いて推計を行った。

出所) 環境省、令和2年度事業産業廃棄物排出・処理状況調査報告書（2021年3月）

これらのうち未利用量として、下記図から現状再生利用されていない廃プラスチック類（17%）、紙くず(4%)、動植物性残さ(3%)の割合を勘案すると、約127万トン乾燥トン/年である。

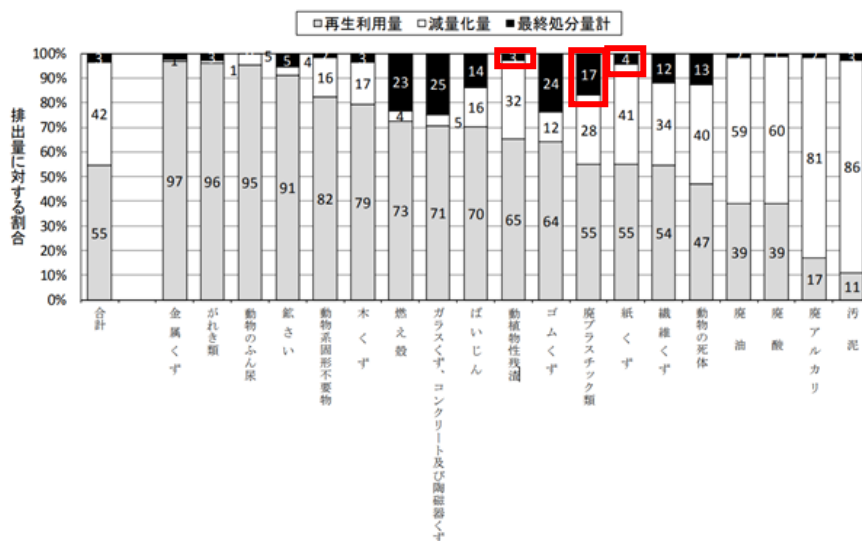


図 19 産業廃棄物の処分方法内訳

 出所) 環境省、産業廃棄物の排出・処理状況について https://www.env.go.jp/recycle/sangyo_h24.pdf

推計①としては、未利用量として勘案した約 127 万トン乾燥トンを原料ポテンシャルとして前述表 3 の都市ごみの SAF 変換係数 0.12 を用いて SAF（原油換算トン）に換算した後、前述の「SAF（原油換算トン）から SAF（kL）への換算係数」に基づいて kL 単位に換算すると、約 17 万 kL となる。これは足元の国内ジェット燃料需要の約 1.3%に相当する。

推計②としては、これらの産業廃棄物のうち、発電用に供されている割合の推計が困難であるため、推計を行っていない。

推計③として廃プラスチック類、紙くず、動植物性残さの発生量全量の約 861 万乾燥トン/年とし SAF に換算すると、約 118 万 kL となり、これは足元の国内ジェット燃料需要の約 9.0%に相当する。

表 19 国内産業廃棄物の SAF 製造ポテンシャル

	算定対象範囲	原料ポテンシャル(乾燥トン)	SAF ポテンシャル(kL)	国内ジェット燃料需要の比率
①未利用(海外流出分含む)	再生利用されていない廃プラスチック類、紙くず、動植物性残さ(15%)	127 万	17 万	1.3%
②未利用量に加え発電等バイオマス以外の供給源がある既利用分	推計①と③の間	127~861 万	17~118 万	1.3~9.0%
③全ポテンシャル	廃プラスチック類、紙くず、動植物性残さ発生全量	861 万	118 万	9.0%

(7) CO₂・水素のポテンシャル推計

CO₂・水素を原料とする合成燃料のポテンシャルについて、まず水素供給見通しに基づく推計を行った。

具体的には、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」(2021年6月)に示された2030年の水素供給に係る目標の最大量300万トン/年の全量を合成燃料に用いることを仮定し、前述の「原料からSAFへの換算係数」において推計した換算係数1.37g-合成燃料/g-水素を用いると、合成燃料のポテンシャルは、約514万kL/年と推計される。これは足元の国内ジェット燃料需要の約39%に相当する。

次にCO₂ポテンシャルに基づく推計を行った。

現在の脱炭素のトレンドから発電部門の脱炭素は進み、火力発電に関してはCCSを前提とすることが予想されることから、大規模CO₂排出源として、製鉄部門、セメント製造部門の2つを対象とする。日本国温室効果ガスインベントリ報告(2021年)によると、2019年度における「1.A.2. 製造業及び建設業」の「a. 鉄鋼」及びセメント製造を含む「f. 窯業土石」からのエネルギー起源CO₂排出量は、それぞれ1.34億t-CO₂、0.26億t-CO₂であり、この合計であるCO₂排出量計1.6億トン-CO₂がポテンシャルであるとみなすことができる。

前述の「SAF(原油換算トン)からSAF(kL)への換算係数」に示した換算係数0.19g-合成燃料/gCO₂を乗じることによって約3,100万トン、比重0.8として約3,870万kL相当の合成燃料が製造されることとなる。

以上より、水素による制約の方が厳しいことから、CO₂・水素を原料とする合成燃料のポテンシャルを約514万kL/年と推計した。

なお、PtLの製造技術は2021年ICAOのセミナー²⁷において世界の取組の紹介があるが、いずれも実証段階の発表に留まる。

一方、産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会資料において、合成燃料のポテンシャルが試算されており、2030年には500BPD規模のプラントが1年で使用する量の軽油を代替するものとして2.9万kL、2050年にはガソリン需要2,166万kLと軽油需要2,811万kLの合計4,977万kLを合成燃料で代替するとしている。

²⁷ <https://www.icao.int/Meetings/Stocktaking2021/Pages/Synthetic-Fuels-for-Aviation.aspx>

表 20 CO₂・水素（合成ガス）の国内 SAF ポテンシャル

	算定対象範囲	原料ポテンシャル (トン)	SAF ポテンシャル(kL)	国内ジェット燃料需要の比率
①②③全ポテンシャル	グリーン成長戦略における 2030 年水素供給量目標より	300 万	514 万	39%

なお、CO₂ の原料として、排ガス中の CO₂ を想定しているが、排ガス (CO) については AtJ 技術も適用可能であるが、排ガス (CO) の最大の供給源である製鉄所においては既に有効利用されているため、国内ポテンシャルとしては推計していない。