

令和6年度燃油・資材の森林由来資源への転換等対策のうち
木質バイオマスエネルギー転換促進対策のうち SAF 等調査支援事業

「木質バイオマスエネルギー転換促進
対策のうち SAF 等調査」
成果報告書

令和8（2026）年3月

一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会

目次

成果報告書の概要.....	- 5 -
1. 調査の目的・背景.....	- 6 -
2. 中長期的な SAF の需要・コストの見通し.....	- 7 -
2.1. 国内外の中長期的な SAF 需要の見通し.....	- 7 -
2.2. 中長期的な SAF のコスト見通し.....	- 9 -
2.3. 近年の SAF 価格の動向.....	- 10 -
3. SAF の原料と代表的な生産プロセスの概要.....	- 12 -
3.1. SAF の原料と代表的な生産プロセスの概要.....	- 12 -
3.2. 「ATJ」による SAF 製造プロセスの概要.....	- 16 -
3.2.1. 木質バイオマス「ATJ」方式 SAF 技術・コスト面の現状と課題.....	- 18 -
3.2.2. ATJ 技術を用いた木質バイオマス由来 SAF の技術開発等の動き.....	- 20 -
3.2.3. ATJ による木質バイオマス SAF の NEDO 事業等.....	- 21 -
3.3. 「ガス化 FT 合成」による SAF 製造プロセスの概要.....	- 28 -
3.3.1. ガス化 FT 合成方式 規模面から見た事業タイプ.....	- 29 -
3.3.2. 「ガス化・FT 合成」事業計画例.....	- 34 -
3.3.3. ガス化 FT 合成 NEDO 事業等.....	- 35 -
3.4. Co-Processing（共処理）による SAF の製造.....	- 38 -
3.4.1. 木質バイオマスの油化.....	- 39 -
3.4.2. 製油所におけるコプロの収率等.....	- 40 -
3.4.3. 小規模分散型事業の可能性.....	- 40 -
3.4.4. 木質バイオマス熱分解油の海外製造事例.....	- 41 -
3.5. 日本国内の SAF プラントの稼働状況及び計画.....	- 43 -
4. CORSIA 適格燃料（CORSIA Eligible Fuels：CEF）の概要.....	- 45 -
4.1. CORSIA 適格燃料（CORSIA Eligible Fuels：CEF）の概要.....	- 45 -
4.2. CORSIA SAF の GHG 排出量デフォルト値.....	- 48 -
4.3. CORSIA のポジティブリスト.....	- 49 -
4.4. CORSIA SAF の GHG 排出量デフォルト値.....	- 50 -
4.5. CORSIA ポジティブリストにおける木質バイオマスの扱い.....	- 51 -
5. 木質バイオマスを原料とする SAF 関連文献調査整理.....	- 54 -
6. 木材/木質バイオマスを原料とする家畜飼料.....	- 64 -
6.1. 木質由来家畜飼料の状況.....	- 64 -
6.2. パルプ由来家畜飼料 — 商品例：「元気森森（日本製紙）」.....	- 65 -
6.3. 「蒸煮」タイプの木質家畜飼料の開発.....	- 66 -
6.4. エース・クリーン社 蒸煮木質飼料「キャトルエース」の概要.....	- 68 -

6.5.	木質由来家畜飼料の需要ポテンシャルの推計	- 69 -
7.	木材を原料とする CNF（セルロースナノファイバー）	- 71 -
7.1.	CNF（セルロースナノファイバー）の概要.....	- 71 -
7.2.	CNF の需要（生産量）の推計.....	- 74 -
8.	我が国の燃料材需給.....	- 76 -
8.1.	現行の森林・林業基本計画における燃料材利用目標	- 77 -
8.2.	我が国における燃料材需要量の推移.....	- 78 -
8.3.	国内での木材生産量に占める燃料材比率の推移.....	- 80 -
8.4.	我が国における木材需給構造と燃料材	- 81 -
8.5.	林地残材の発生量と利用量の推移.....	- 83 -
8.6.	木質チップの国内生産量と由来別生産量.....	- 84 -
8.7.	木質ペレットの国内生産量と由来別生産量.....	- 86 -
8.8.	我が国における燃料材の供給構造.....	- 88 -
8.8.1.	木質バイオマス国内供給量	- 89 -
8.8.2.	輸入燃料材	- 90 -
9.	我が国の木材需給の見通し	- 92 -
9.1.	木材需給の見通しの考え方.....	- 92 -
9.2.	木質バイオマス発電用燃料材需要量の見通し	- 92 -
9.2.1.	木質バイオマス発電設備の新規導入容量の推定.....	- 94 -
9.2.2.	木質バイオマス発電設備の撤退容量の推定	- 96 -
9.2.3.	導入容量の推計結果	- 97 -
9.2.4.	発電用燃料材需要量の推計	- 98 -
9.3.	燃料材供給量の見通し	- 101 -
9.3.1.	我が国における木材供給力	- 101 -
9.3.2.	燃料材の供給量可能量.....	- 108 -
9.4.	燃料材の需給見通し.....	- 109 -
9.5.	（参考）我が国の木材需要量決定要因	- 110 -
10.	燃料材の分配要素と方向.....	- 114 -
10.1.	調達区分ごとの電力調達価格	- 114 -
10.2.	木質チップの買入れ価格.....	- 115 -
10.3.	木質チップの供給コスト.....	- 116 -
10.4.	今後の国内燃料材の供給の方向.....	- 117 -
11.	SAF の製造・供給面／利用面に関する規制的措置、支援措置	- 119 -
12.	SAF を巡る足元の状況（変化）	- 123 -
12.1.	建設費高騰等による事業計画の見直し.....	- 123 -
12.2.	「規制・制度」面での遅れ（国内）	- 124 -

13.	日本の木質バイオマス SAF の需要と供給の推計	- 126 -
13.1.	木質バイオマスから SAF への転換率	- 127 -
13.2.	日本の SAF 需要と供給の想定	- 130 -
13.3.	木質バイオマス由来 SAF 国内需要推計の考え方	- 133 -
13.4.	日本の国産 SAF (=国産木質 SAF) 需要の推計	- 137 -
13.5.	木質バイオマス原料供給面から捉えた木質 SAF 生産量の推計	- 140 -
13.6.	参考情報 河川内樹木等による SAF 生産ポテンシャル	- 147 -
13.7.	2035 年時点を想定した SAF 等の新需要に対応する木質バイオマス原料供給量の集計	- 149 -
	参考文献及び関連審議会等	- 151 -
	謝辞	- 158 -

成果報告書の概要

航空分野における国際的なカーボンニュートラル実現に向けて、化石燃料を代替する「持続可能な航空燃料（SAF）」の導入拡大が求められており、木質バイオマスはその原料の一つとして、国内外で技術開発や実証事業が進められている。また、近年の家畜飼料価格の高騰等を背景に、新たな原料の一つとして木質が注目されており、すでに一部では商用化されている。さらに、木質バイオマスを原料とする高機能な材料であるセルロースナノファイバー（CNF）は幅広い分野で次第に供給量を拡大している。

国内では現在、木質バイオマスは再エネ特措法に基づく発電用燃料として大量に使用されているが、2030年代には次第にFIT/FIPの調達期間20年間を終了し、木質バイオマス発電所は「卒FIT」を迎えることとなる。

このため本調査では、2026年（令和8年）に改定されることが見込まれる次期「森林・林業基本計画」において計上される「用途別の木材利用量の目標」の対象年となる2030年（令和12年）及び2035年（令和17年）における、SAFや家畜飼料等の新たな用途を考慮した木質バイオマス利用量の推計を行った。なお、調査にあたっては、これらの分野の専門的知識を有する事業者や有識者から成る検討委員会を設置し、調査テーマ等についてご指導いただいた。

SAFについては、国際民間航空機関（ICAO）がCORSA（国際航空のためのカーボン・オフセットおよび削減制度）により、その適格燃料を定めているため、木質バイオマスを原料とするSAFの条件等について調査を行った。

なお、近年の世界的なインフレ等により、SAFに限らず様々な脱炭素事業のコストが増加しており、各国の支援策にも揺らぎが生じているため、蓋然性高く、木質バイオマスSAFの供給量等を推計することは困難である。このため、本調査では、一定の前提条件に基づく供給ポテンシャル等の試算を行ったところ、2035年の木質SAF生産量（※）は、91万～137万kLという試算結果となった。これは2019年の日本のジェット燃料需要1,315万kLの7～10%相当に相当する量である。また、この木質SAF製造に要する木質バイオマス原料消費量は681万～1,046万BDtと試算された。

※SAFの生産に伴う併産品（車両燃料や軽質炭化水素）を考慮した実質量

1. 調査の目的・背景

2050年カーボンニュートラル社会の実現に向けて、航空分野においても脱炭素化の取組が重要であり、航空機の省エネ化や電動化と並び、ジェット燃料（液体燃料）の脱炭素化が求められている。従来の化石燃料ではなく、バイオマス原料や水素等の非化石原料から製造された低炭素・脱炭素な液体航空燃料を「持続可能な航空燃料（SAF）」と呼んでいる。

国際航空分野での温室効果ガス（GHG）排出量の削減義務を踏まえ、我が国においても国内線及び国際線における SAF の利用拡大に向けた検討が進められている。

国土交通省の「航空機運航分野における CO2 削減に関する検討会」は 2021 年 12 月に策定した SAF の普及に関する工程表において「本邦エアラインによる 2030 年時点の燃料使用量の 10% を SAF に置き換える」との目標を示しており、急速に SAF 製造に向けた関心が高まっている。

現時点、SAF の原料には主に廃食油等が使用されているが、この供給量には限りがあるため、国内に豊富に賦存する木質バイオマスを原料とする SAF の製造及び供給が求められている。このため木質バイオマス SAF の製造技術の開発に向けて、NEDO 事業等において、すでに複数の実証事業が行われている。

しかしながら現時点、国内においては、木質バイオマス原料はすでに再エネ特措法（FIT/FIP）に基づく発電用燃料として大量に使用されており、SAF 用の原料として、どの程度の量の木質バイオマスを供給可能であるのかは明らかではない。

他方、この状況を発電用燃料の側から見れば、FIT/FIP の調達期間 20 年を終えた木質バイオマス発電所は、いわゆる「卒 FIT」を迎えるため、発電用の需要がどの程度継続するかは明らかではない。仮に発電用需要が途絶える場合、これまで築き上げてきた木質バイオマスのサプライチェーンが喪失することも懸念され、これは林業関係者の収入の部分的な喪失につながると懸念される。

このため、SAF を始めとして、木質バイオマスを原料とする家畜飼料やセルロースナノファイバー（CNF）等の新たな需要の開拓が進められている。

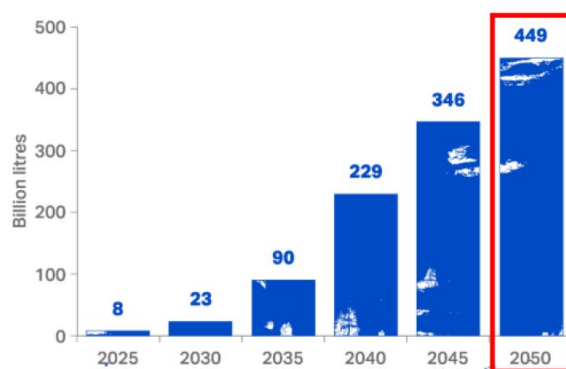
本調査では、国内の木材需給を踏まえ、木質バイオマス発電所等による現状の需要量やさらなる供給ポテンシャルを調査し、SAF 等の新たな需要が必要とする木質バイオマス原料の量を試算することにより、我が国の木質バイオマス資源の最適な配分に関する調査を行った。なお本調査では、2026 年（令和 8 年）に改定されることが見込まれる次期「森林・林業基本計画」において計上される「用途別の木材利用量の目標」の対象年となる 2030 年（令和 12 年）及び 2035 年（令和 17 年）における、SAF や家畜飼料等の新たな用途を考慮した木質バイオマス利用量を推計することを、事業目的の一つとしている。

2. 中長期的な SAF の需要・コストの見通し

2.1. 国内外の中長期的な SAF 需要の見通し

航空分野では、国際的な温室効果ガス (GHG) の削減に向けて 2021 年 10 月に IATA (国際航空業界団体)、2022 年 10 月に ICAO (国際民間航空機関) において、2050 年カーボンニュートラル達成の目標を合意している。この目標達成に向けては、航空機のさらなる省エネ化や電動化と並び、SAF (Sustainable Aviation Fuel: 持続可能な航空燃料) の利用が大きな役割を果たすと期待されている。SAF は既存の航空機にそのままドロップイン可能であり、既存の航空インフラを活用可能な有効な対策と考えられている。

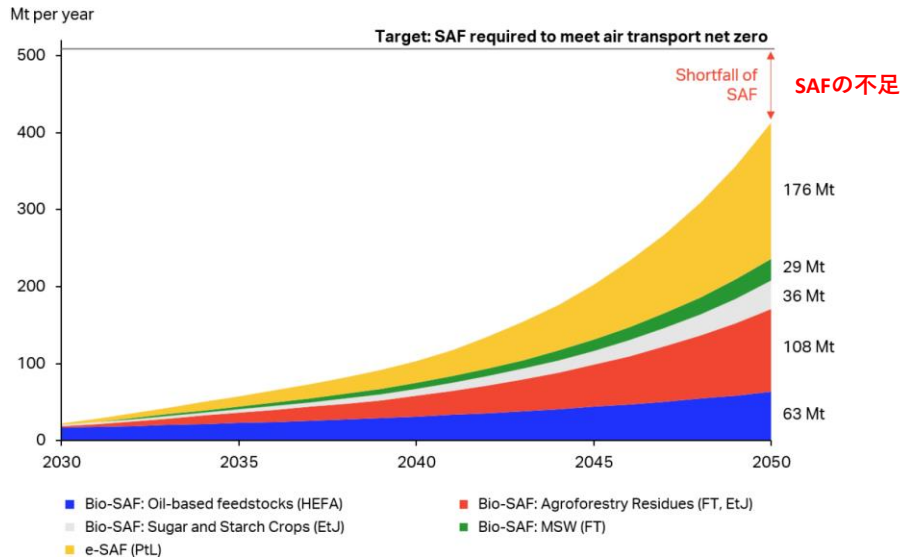
IATA の推計によれば、2025 年時点の世界の SAF 供給量は、約 190 万 kL (世界のジェット燃料供給量の 0.6%程度) にとどまるが、2050 年にネットゼロを達成するために必要な SAF の量は、4.5 億~5 億 kL と推計されている。



出典：IATA Net zero 2050: Sustainable aviation fuels

図 2-1 世界の SAF 需要の見通し

また、IATA の「Global Feedstock Assessment for SAF Production Outlook to 2050」(2025 年 9 月) によれば、2050 年時点の世界の SAF 需要は 5 億 t 程度と推計されている。他方、SAF の供給面では、バイオマス系の SAF や水素等を原料とする「e-SAF(PtL)」を最大限活用したとしても 2050 年時点の供給量は合計で約 4 億 t に留まり、約 1 億 t の不足が生じると懸念されている。現時点、コスト面や原料の確保において課題の多い SAF であるが、航空分野のカーボンニュートラル達成に向け、長期的には、あらゆる原料・技術の最大限の活用が求められる。

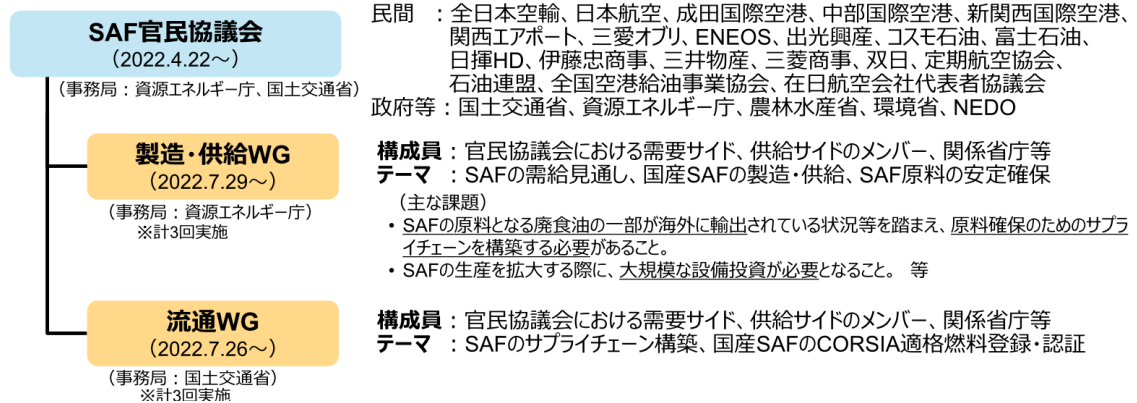


出典：IATA

図 2-2 世界の SAF 需要と供給ポテンシャル

我が国の航空業界もこの国際的な削減目標を達成するため、SAF の導入加速に向けて、技術的・経済的な課題を官民で議論・共有し、一体となって取組を進める場として、経済産業省と国土交通省は共同で「持続可能な航空燃料（SAF）の導入促進に向けた官民協議会（SAF 官民協議会）」を 2022 年 4 月に設立した。その組織構成や構成員は図 2-3 のとおりである。木質バイオマスを所管する省庁である農林水産省からは、大臣官房審議官（技術・環境）と農産局農産政策部長がその構成員として参加している。

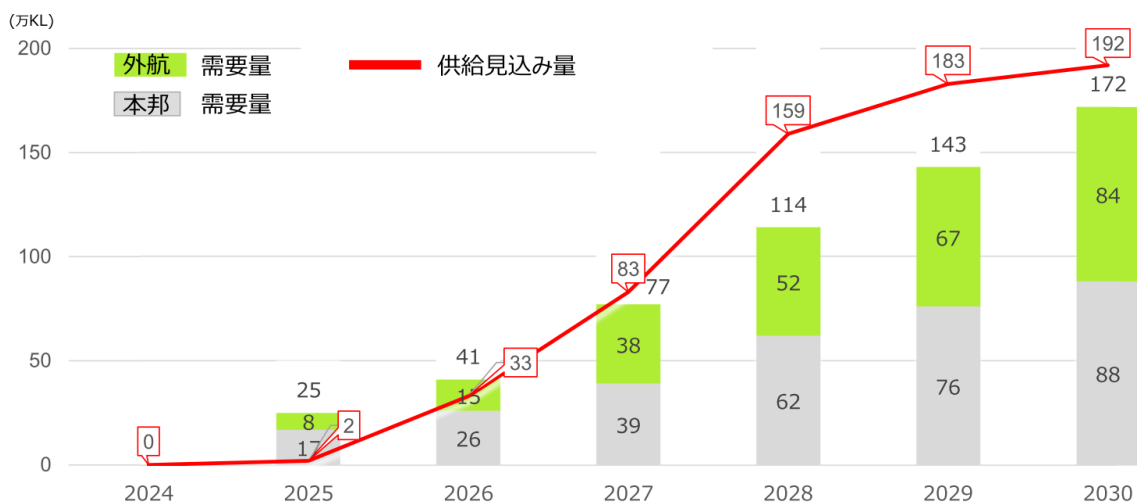
<各会議体の関係>



出典：SAF 官民協議会

図 2-3 SAF 官民協議会の構成等

SAF 官民協議会では、2030 年における国内の SAF 需要量は 172 万 kL（国内のジェット燃料使用量の 10%相当）と推計しており、2030 年の供給見込み量については、石油元売り等の SAF 製造・供給事業者における公表情報等から積み上げ、約 192 万 kL となると見込まれている。



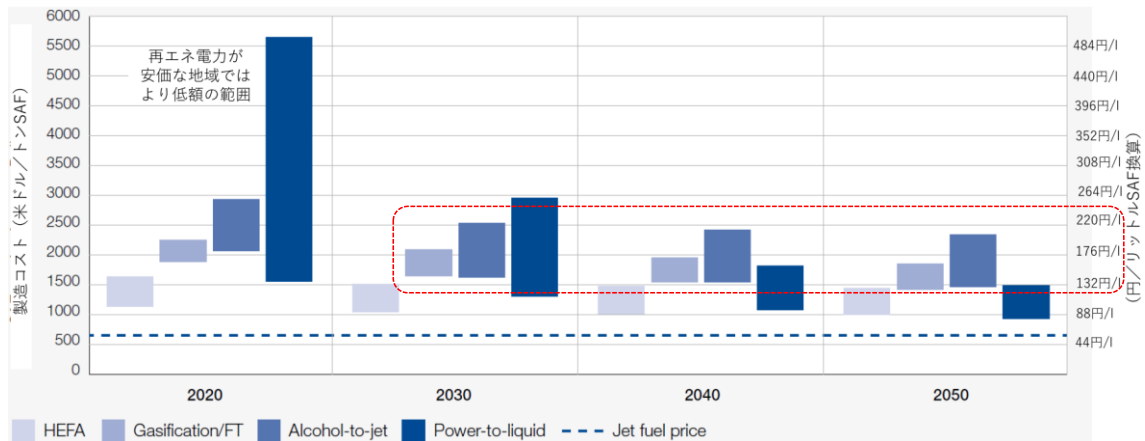
出典：SAF 官民協議会

図 2-4 国内の 2030 年 SAF の利用量・供給量の見通し

2.2. 中長期的な SAF のコスト見通し

現時点、SAF の価格は、従来の化石燃料由来ジェット燃料の価格（100 円/L 程度）と比べて数倍の高さである。世界経済フォーラム（WEF）の報告書「Clean Skies for Tomorrow Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation」（2020 年）によれば、将来的には、SAF のコスト及び価格は大きく低減することが見込まれるが、炭素価格を考慮しない純粋なコストの比較では、化石由来ジェット燃料と並ぶことはないと推測されている。

（図 2-5 の円価格は、運輸総合研究所「我が国における SAF の普及促進に向けた課題・解決策」に掲載の数値を引用。1 ドル 110 円で換算。ジェット燃料の比重は 0.775～0.840 kg/L）

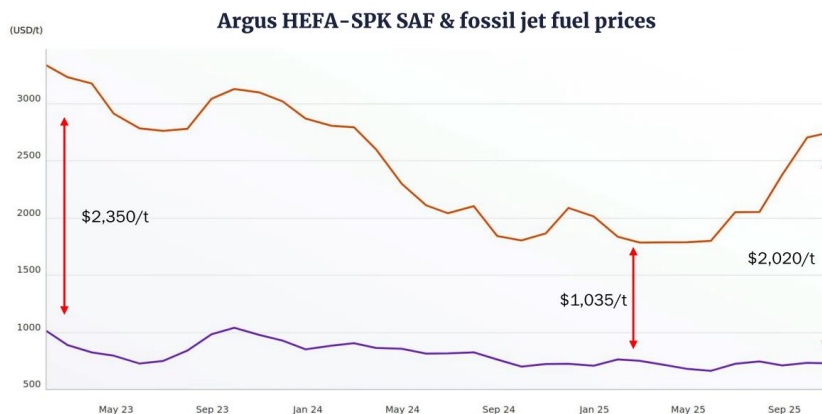


出典：Clean Skies for Tomorrow Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation

図 2-5 製造技術別 SAF の製造コスト（世界）

2.3. 近年の SAF 価格の動向

SAF の価格は、その原料や地域により違いがあるが、化石燃料由来のジェット燃料の価格は安定的であるのに対して、相対的に SAF の価格は変動が大きい。また、ジェット燃料価格に対するプレミアム額の変動幅も大きく、SAF 独自の価格形成が行われていると考えられる。また近年では、後述する HEFA 方式 SAF の原料となる UCO（廃食油）等の価格上昇も顕著である。



出典：APAC SAF Outlook 2025

図 2-6 SAF とジェット燃料価格の推移

このように SAF 普及の課題の一つは、従来のジェット燃料の価格（100 円/L 程度）と比べて数倍程度となるコストの高さである。このため国のグリーンイノベーション基金事業「CO2 等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画では、SAF のコスト削減に向けて、

- ・大規模な生産量（数十万 kL）を見込めるバイオエタノールから SAF を製造する ATJ 技術（Alcohol to JET）を確立する。
- ・2030 年までの航空機への燃料搭載を目指し、液体燃料収率 50%以上かつ製造コストを 100 円台/L を実現する。

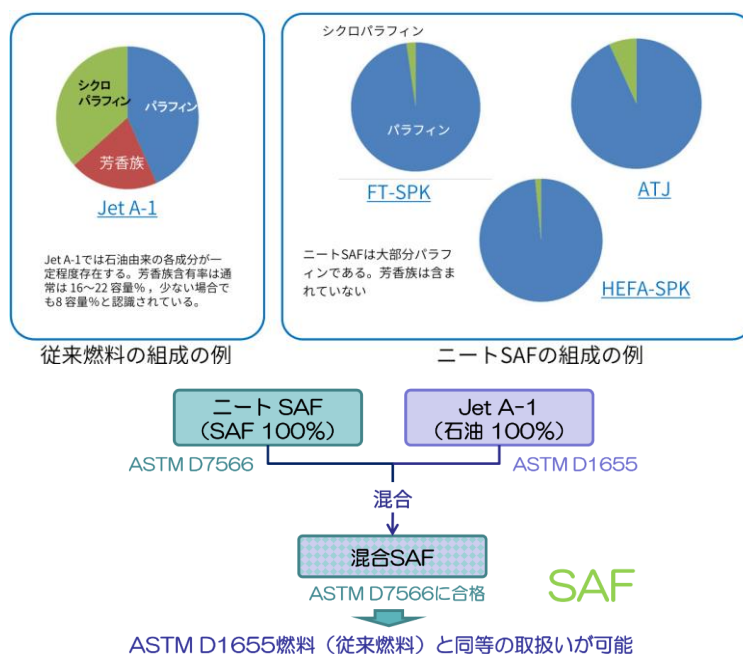
という目標を掲げている。

3. SAF の原料と代表的な生産プロセスの概要

SAFは様々な原料から、それぞれの原料に対応した様々な製造技術を用いて製造される。本章では木質バイオマスに関係する代表的な製造技術を中心に、調査を行った。

3.1. SAF の原料と代表的な生産プロセスの概要

一般的に、純粋な SAF (ニート SAF と呼ぶ) は従来のジェット燃料 (JetA/A1) と組成が大きく異なるため、現時点、ニート SAF は一定の比率で従来ジェット燃料と混合して使用することが求められている。この混合 SAF のことを単に「SAF」と呼ぶが、本稿では特に両者を区別する必要がある場合を除き、ニート SAF についても「SAF」と表すこととする。



出典：日本海事検定協会

図 3-1 「ニート SAF」と SAF の違い

なお、運輸部門において脱炭素化が求められるのは航空分野だけでなく、陸運（車両）や海運（船舶）分野、鉄道（ディーゼル車両）も同様である。これらは現時点、液体燃料を使用するという点で共通であるが、それぞれの用途や利用機器に応じた燃料仕様を充足することが求められる。

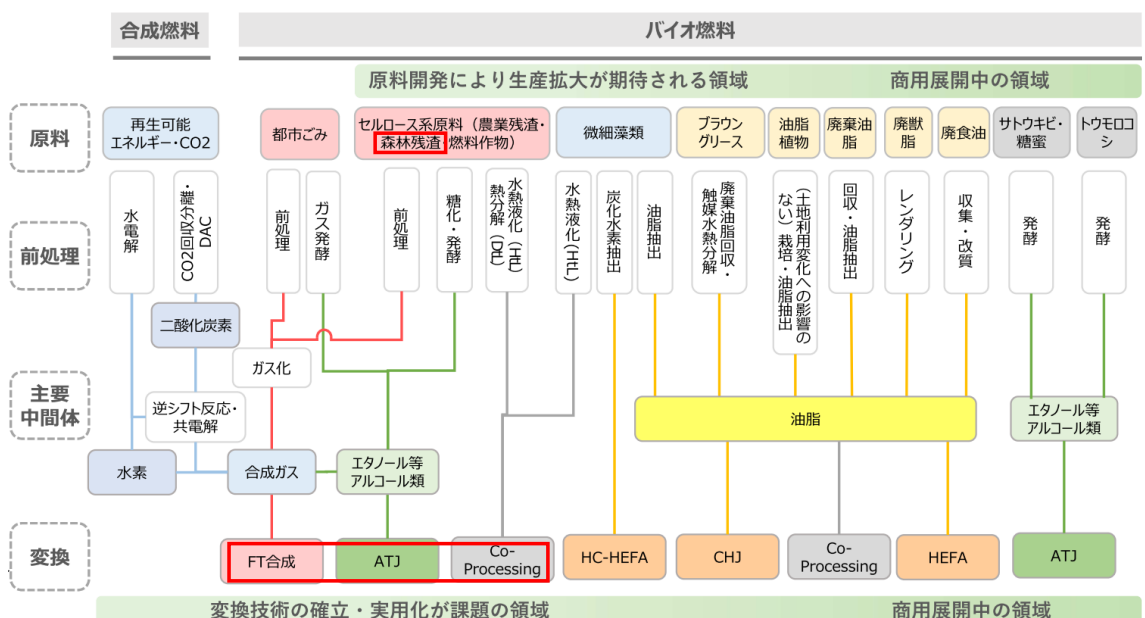
現時点、これらの脱炭素液体燃料のタイプとしては、多様なバイオマス資源を原料とする「バイオ燃料」と、水素等を原料とする「合成燃料」に大別される。純粋な水素を燃料とす

るケースと異なり、合成燃料は水素と炭素（C）を原料とするため、燃焼時には CO2 を大気中に排出する。よって、合成燃料を脱炭素化するためには、水素は再生可能エネルギー電力から製造するとともに、CO2 は DAC（大気中からの CO2 回収）等により得る必要があるため、一般的に高コストとなることが課題である。

燃焼時点で CO2 を大気中に排出する点ではバイオ燃料も同様であるが、植物等が成長時に CO2 を吸収固定するため、バイオマスは国際的にカーボンニュートラルな燃料であると整理されている。ただし、バイオ燃料であっても原料の採集や運搬、加工等の段階で GHG を排出するため、ライフサイクル全体での低炭素化・脱炭素化が求められる。後述する ICAO の CORSIA（Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation：国際航空のためのカーボン・オフセットおよび削減制度）では、CORSIA 適格とする SAF のライフサイクル GHG 排出量の閾値を定めている。

航空燃料 SAF や車両燃料を含めたバイオ燃料の原料は非常に多様であるため、その原料の性質に応じた、多様な製造技術・生産プロセスが適用されている。

以下の図 3-2 は SAF 等の主な原料とその生産プロセスを整理したものである。SAF においては、このような原料と変換技術（生産プロセス）の組合せのことを「パスウェイ」とも呼ぶ。ただし、バイオ燃料の製造技術は日進月歩であるため、この図に記載されていない原料や技術（パスウェイ）も数多く存在することに留意が必要である。



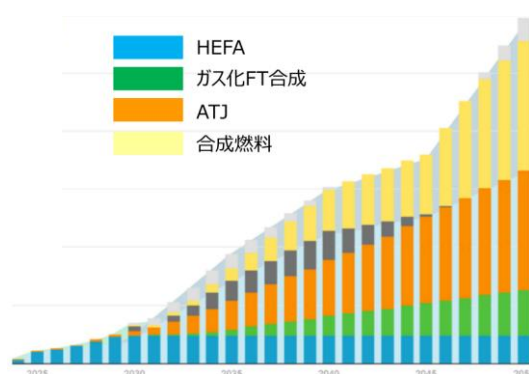
出典：NEDO

図 3-2 SAF 原料と生産プロセスの主な組み合わせ

現時点、世界各地で生産される SAF の大半は、廃食油（UCO：used cooking oil）や動物性油脂を原料として、HEFA（Hydroprocessed Esters and Fatty Acids：水素化処理エステル・

脂肪酸)と呼ばれる生産技術を用いて製造している。技術面及びコスト面のハードルが相対的に低い HEFA 方式 SAF であるが、原料となる廃食油等の供給量には限りがある。このため、原料の入手制約により HEFA を用いた SAF の供給量は数年内に頭打ちとなり、次第に他のタイプの原料や生産技術を用いた SAF の供給量が増加すると想定されている。

トウモロコシやサトウキビ等の可食原料を用いてバイオエタノールを製造することは、相対的に技術的ハードルが低く、米国やブラジル等ではすでにトウモロコシやサトウキビを原料とするいわゆる第 1 世代バイオエタノールが車両燃料であるガソリン代替として積極的に利用されている。このような第 1 世代バイオエタノールを原料とすることにより、SAF の製造コストを抑制できると考えられるため、HEFA の次には、このような第 1 世代バイオエタノールを原料として、「ATJ (Alcohol To Jet)」と呼ばれる技術を用いた SAF の供給量が増加すると想定されている。ただし、ATJ の中でも、可食原料に由来するバイオエタノールを SAF 原料とすることは欧州等が利用制限しているため、次第に古紙や廃棄物の非可食原料に由来する第 2 世代バイオエタノールを原料とした ATJ を用いた SAF へ移行すると考えられる。木質バイオマスは、第 2 世代バイオエタノールの有力な原料候補である。



出典：※Sky NRG A Market Outlook on SAF

図 3-3 欧州における将来の SAF の製造技術予測

森林残渣等の木質バイオマスは、SAF の製造において「ATJ (Alcohol To Jet)」と呼ばれる技術や、「ガス化 FT 合成 (GFT と略す)」と呼ばれる技術を使用することが、現時点では一般的である。このため本調査でもこれらの技術を中心に、ヒアリング調査や文献調査を行った。

なお、ATJ 方式・ガス化 FT 合成方式いずれであっても、液体燃料を製造するという装置産業の一つであるという観点から、プラントを大規模化する(規模の経済を作用させる)ことは、SAF コストの抑制に向けた基本的な考え方となる。他方、林地残材等の木質バイオマス資源はその収集や輸送の観点では、小規模・分散型であることが合理的である。このため、当協会では、木質バイオエタノールや SAF の製造プロセス・設備における、小規模・分散型の事業の実現性についても調査を行った。

また、特にジェット燃料については、国際的な製品規格（品質規格）の観点から製造技術を分類することも可能である。現在、SAFの規格を規定しているのは、標準化団体の ASTM International が定める燃料規格である「ASTM D7566」であり、現時点、SAFの原料と製造技術については表 3-1 の 8 つの Annex が定められている。ASTM D7566 では、Annex 毎に従来ジェット燃料とニート SAF の混合上限比率を規定している。この D7566 に合致する SAF であれば、ジェット燃料の国際規格 ASTM D1655 に適合したと見なされ、航空機への使用が可能となる。

なお、木質バイオマスは、主に先述のガス化 FT 合成や ATJ を適用する Annex 1 や Annex 5,8 の使用が想定される。ASTM D7566 では今後も新たな Annex の登録が想定され、木質バイオマスの適用技術の拡大が期待される。

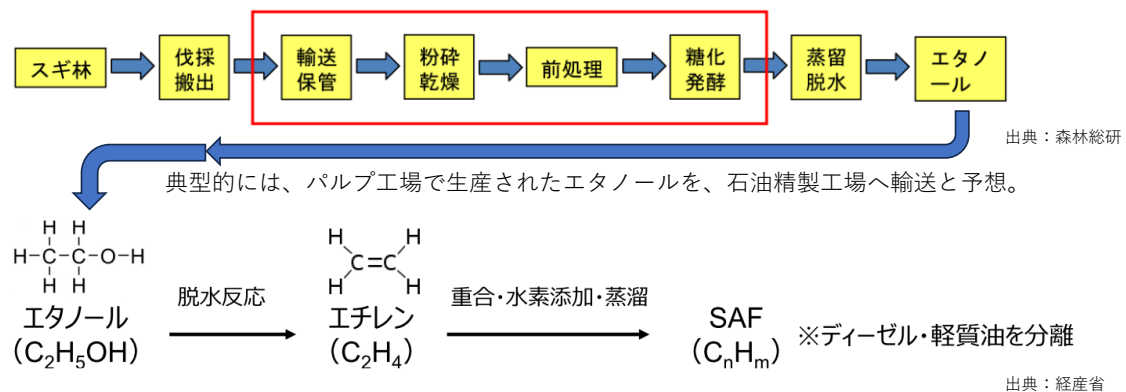
表 3-1 ASTM D7566 の Annex

ASTM D7566	製造技術	従来燃料との混合上限
Annex 1	Fischer-Tropsch法により精製される合成パラフィンケロシン (FT-SPK)	50%
Annex 2	植物油等の水素処理により精製される合成パラフィンケロシン (Bio-SPK又はHEFA)	50%
Annex 3	発酵水素化処理糖類由来のイソ・パラフィン (SIP)	10%
Annex 4	非化石資源由来の芳香族をアルキル化した合成ケロシン (SPK/A)	50%
Annex 5	アルコール・ジェット由来の合成パラフィンケロシン (ATJ-SPK)	50%
Annex 6	Catalytic Hydrothermolysis Jet (CHJ)	50%
Annex 7	Hydrocarbon-HEFA (HC-HEFA)	10%
Annex 8	混合アルコールから製造されるアルコール・ジェット由来燃料 (ATJ-SKA)	50%

出典：SAF 導入促進官民協議会

3.2. 「ATJ」による SAF 製造プロセスの概要

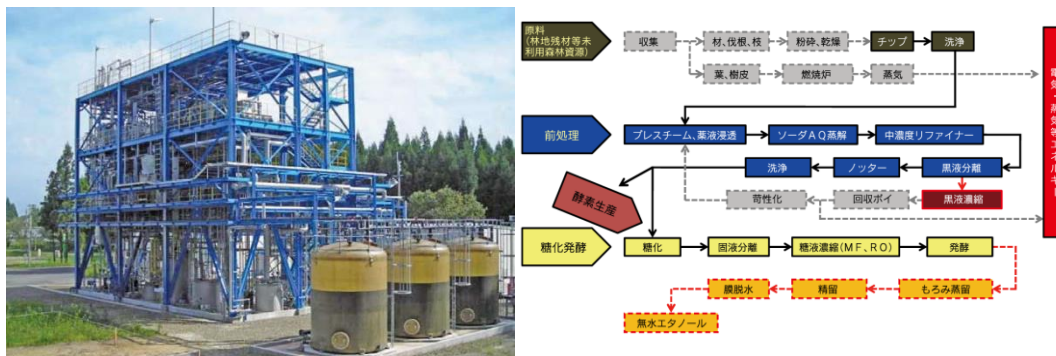
ATJ (Alcohol To Jet) とは、サトウキビやトウモロコシなどの可食植物 (第 1 世代) や、木質・森林残渣・農業残渣などの非可食植物 (第 2 世代) から作られたバイオエタノールを原料とし、エタノールを脱水してできるエチレンを重合させてジェット燃料と同等の SAF (C_nH_m) を製造する技術である。



なお、木質バイオマスを原料として糖酸化技術により製造されたバイオエタノールは第 1 世代に分類されるが、本稿では ATJ 方式 SAF に用いる木質バイオエタノールはすべて第 2 世代であると整理した。

バイオ燃料等の脱炭素液体燃料の一つとして SAF が大きく注目されるようになったのは、ここ数年のことであり、脱炭素液体燃料における当初の主役は車両燃料 (ガソリン) であった。オイルショックを契機として車両燃料 (ガソリン) の代替・補完を目的として、木質バイオマスを原料としたバイオエタノールの製造について国内外で多くの研究や技術開発が行われていた。

その代表例の一つが独立行政法人 森林総合研究所 (当時) による実証事業である。森林総研は 2009 年に秋田県北秋田市に木質バイオマスエタノール実証プラントを設置し、成功裡にその実証を完了した。ただし、その後の化石燃料価格の低下等により、コストが課題となり、木質バイオマスエタノールは普及には至っていない。



出典：森林総研

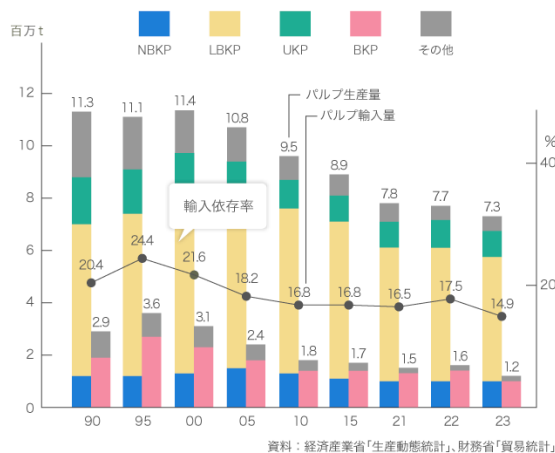
図 3-5 秋田県北秋田市のバイオエタノール実証プラント

木質バイオマス等のバイオマス原料からバイオエタノールを製造する技術・生産プロセスには様々なものがあるが、効率的に糖化発酵を進めるためには、木材/木質バイオマスに含まれるリグニンを除去する必要がある。

製紙用のパルプ製造プロセスにおいては、すでに木材からリグニンを効率的に除去する技術が工業的に確立されており、ATJ 方式でバイオエタノール及び最終製品としての SAF を製造するためには、木質パルプはその原料として最も有力な候補と考えられている。

木材/木質バイオマスからリグニンを除去するには、水蒸気爆砕等の他の手法もあるが、コスト面では不利と考えられる。

日本は、紙・パルプいずれも国内自給率が高い国の一つである。ただし、紙需要の減少に伴い、国内のパルプ生産量も減少傾向にあり、現在（2023 年度）の年間生産量は 730 万トンである。パルプの製造方法としてはその用途に応じて複数の方法が適用されているが、現時点、約 9 割がクラフトパルプ（KP）法によるものである。



出典：製紙連合会

図 3-6 国内のパルプ生産量の推移

木質バイオマス（木質チップ）を原料とした ATJ 方式の利用は、先述のリグニン除去の観点から、「パルプ」を経由するルートが最も経済的であり、既存設備の活用という観点では最も早い立ち上がりが期待される。よって現実的に国内では、この ATJ プロセスによるバイオエタノール製造事業者は、自ずとパルプ・製紙メーカーとなると考えられる。

木質バイオマス発電所が卒 FIT を迎えることにより、現時点、発電用燃料として使用されている木質チップからの SAF 原料としての転用も想定されるため、パルプを原料とした ATJ 方式により、SAF を大量に製造することが期待される。ただし、国内の既存のパルプ製造設備の生産キャパシティには制約（上限）があるため、既存のパルプ製造設備が追加的に受け入れ可能な木質チップの量にも上限があると考えられる。なお、一般的にパルプ工場が受け入れる木質チップは、バーク（樹皮）や枝条等が含まれない比較的高品質なチップである。今後、製紙会社が SAF 用のバイオエタノールの製造を開始したとしても、既存プラントにおいては製紙用のパルプ製造が主体であることに変わりはないと考えられるため、今後もパルプ工場が受け入れるチップの品質はこれまでどおりと想定される。

図 3-6 のように、現状ではパルプ生産量が減少しているため、この範囲であれば、SAF 用バイオエタノール製造を目的としたパルプ製造も可能であるが、この生産キャパシティを超えて ATJ-SAF 用にパルプを製造することは困難であると考えられる。よって、既存のパルプ工場が受け入れ可能な量を超える木質チップ（及び低品質な木質チップ）の多くは、パルプ ATJ 方式の生産プロセスを経由せず、後述する「ガス化 FT 合成」方式、又は「コプロセッシング（共処理）」方式の経路を取るものと予想される。

3.2.1. 木質バイオマス「ATJ」方式 SAF 技術・コスト面の現状と課題

現時点、木質バイオマスを原料として製造するバイオエタノールの製造コスト、またこのバイオエタノールを原料として製造する SAF 製造コストは、現行のジェット燃料や HEFA 方式による廃食油等由来の SAF と比較して、高コストである。ただし、現時点、木質バイオマス ATJ-SAF の多くは研究開発段階や実証段階にあるため、そもそも詳細なコスト（量産時点）が確定していないことや、個社の取組みにおいてコスト情報は機密情報に該当するため、公開可能な情報は限定的である。よって本調査では、主にこれを文献調査により補うこととした。文献調査による SAF のコスト情報は、後述の第 5 章を参照願いたい。

一般的に SAF（ジェット燃料）の製造は装置産業であるため、プラントの大規模化は、SAF コストの低減を実現するための最も重要な要素となる。これと並び有効であるのが、先述した既存のパルプ工場の有効活用である。バイオエタノール製造工場をゼロから新設することと比べ、既存のパルプ工場を改造等により対応することは、投資投資額の抑制と共

に、量産プラント立ち上げ期間の短縮につながると期待される。ただし、既存のパルププラントを活用することはメリットであると同時に、その立地は固定されることやさらなる規模拡大は通常困難であること、既存設備の改修には一定の制約があることなどから、コスト及び GHG 削減率の両面において、一定の制約となり得ることに留意が必要である。

図 3-4 のとおり、木質バイオマスからバイオエタノールを製造する重要な工程の一つに「糖化」がある。ただし、サトウキビ・トウモロコシ等のような糖化しやすい原料と異なり、木材/木質バイオマスは糖化が難しい原料である。木材の約 4~5 割を構成する多糖類であるセルロースを分解するには「セルラーゼ」と呼ばれる酵素が必要である。

ヒアリング調査によれば、木質バイオマスを原料とするバイオエタノール製造コスト（OPEX）のうち、酵素のコストは木質原料そのものに次いで多くを占める（ただし、具体的な比率は非公開）と言われている。木質バイオマス発電事業では燃料（木質バイオマス）が総コストの 6~7 割程度を占めるのに対して、SAF では木質原料のコスト比率は半分を大きく下回ると考えられる。

現時点、この酵素は、ノボザイムズ社（デンマーク）がほぼ独占状態であり、価格も高止まり状態と言われている。このため、バイオエタノール製造工程内で酵素を分離回収し再利用することにより、酵素使用総量を低減するといったコスト低減策が図られている。また、国内メーカーにより、新たな酵素の開発も進められている。

後述する NEDO「バイオものづくり革命推進事業」における「純国産木材バイオリファイナーによる世界最高クラスの低炭素バイオエタノール生産プロセスの開発」事業において、事業主体の日本製紙等は、2030 年頃をターゲットに、年産数万 kL 以上のバイオエタノール及びバイオケミカル製品の製造が可能となる商用プラントの稼働を目指している。

この事業規模は約 248 億円と公表されており、ATJ 方式商用プラントの新設には百億円規模の投資額を要すると考えられる。

SAF の製造や ATJ 方式に限らず、一定規模の量産プラントの事業化・投資意思決定を行うには、製品（この場合はバイオエタノール）の長期的なオフテイク先（買い手。この場合は SAF を製造する製油所）を確保することが非常に重要である。かつ、バイオエタノールプラント側とオフテイク（製油所）側の量産開始のタイミングがほぼ同じであることが望ましい。同様に、製油所（石油元売り）は、SAF の長期的なオフテイク先（航空会社）の確保が必要であり、それぞれの投資決定の有無やタイミングは、相手側の投資決定の有無・タイミングにより大きな影響を受けることとなる。いわゆる、鶏と卵のジレンマが生じ得る。

ただし、バイオエタノールの用途は SAF だけではないため、車両用燃料や化学原料等を含めた幅広い用途／ユーザーの確保によるリスクヘッジを行うことも重要である。

製油所の蒸留プロセスでは、同一の原料から、蒸留（分留）という一つの製造プロセスを通じて、沸点の差などを利用して複数の製品（連産品・併産品）が同時に生産される。どのような連産品をどの程度の比率で製造するかは、製油所それぞれの経営判断となる。

よって、SAF を製造する製油所の工程を SAF 製造にどの程度最適化させることにより比率は異なるが、バイオエタノールから SAF とならない留分（3 割～5 割程度）は、軽油やナフサといった別の製品となり、製油所はこれらの副産物（併産品・連産品）を販売し、収益化することが想定される。製油所としては、これら連産品全体を見渡した収益判断を行うが、SAF 製造コストという視点からは、軽油等の連産品（副産物）の販売により得られた収益は、SAF コストの低減要素として捉えることも可能である。

3.2.2. ATJ 技術を用いた木質バイオマス由来 SAF の技術開発等の動き

廃食油等の従来型バイオマス資源は供給に限りがあるため、新たな SAF の原料を求めて世界各国で様々な技術開発や実証事業が行われている。

HEFA の次に商用化が期待される ATJ 技術においては、当面はサトウキビ・トウモロコシを原料とする第 1 世代（1G と略す）バイオエタノールが大半であると考えられる。ただし、日本国内では、沖縄等で一定量のサトウキビが栽培されているものの、全国的に燃料用のサトウキビ・トウモロコシを大量に栽培することは想定し難い。このため、国内で ATJ 技術を用いて SAF を製造するには、米国やブラジル等において栽培されたサトウキビ・トウモロコシを輸入する方法、又はこれらを原料とする第 1 世代バイオエタノールを輸入することが現実的と考えられる。米国等の第 1 世代バイオエタノールは十分に安価であり、現時点の生産量は多く、今後の増産余力も大きいと言われている。ただし、現時点、主に車両燃料とされるバイオエタノールの大半は生産国の自国内で消費されており、バイオエタノールの輸出量・国際貿易量は限定的である。つまり、米国等における今後の第 1 世代バイオエタノールの増産が、直ちに輸出量の増加に繋がるとは限らないため、日本が必要とする量を将来的にも安定的・継続的に低コストで輸入可能であるかどうかは不透明である。

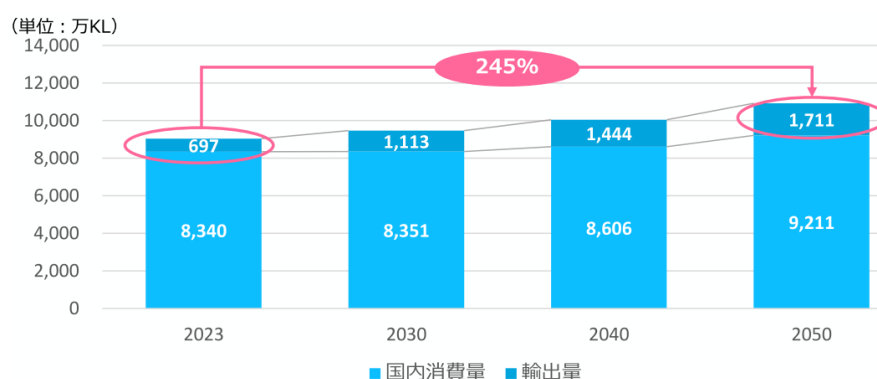


図 3-7 米国・ブラジルにおけるバイオエタノール製造・輸出品推移予測の例

また、欧州等を中心に、トウモロコシ等の可食農産物をバイオエタノールの原料とするには批判や制約が高まりつつある。このため、世界的にバガス（サトウキビ搾汁後の残渣）やコーンストーバー（穀粒以外の茎、葉、穂軸）等の従来未利用であった非可食農業残渣を原料とする第 2 世代バイオエタノールへの期待が高まりつつある。主産物であるトウモロコシ等を原料とする第 1 世代バイオエタノールはライフサイクル GHG 排出量大きいことが弱点であるのに対して、第 2 世代バイオエタノールはライフサイクル GHG 排出量が相対的に小さいことも優位点とされている。米国やブラジル等ではすでに第 1 世代バイオエタノールを量産する設備・インフラを保有しており、新規投資額を抑制できることから、バガス等を原料とした安価な第 2 世代バイオエタノールを製造する計画も検討されている。

日本国内では、サトウキビ・トウモロコシの栽培は限定的であるため、バガス・コーンストーバーの入手性も限定的である。このため特に日本では、ATJ 方式を適用する第 2 世代バイオエタノールの原料として、木質バイオマスが注目されている。SAF 原料として木質バイオマスに対する期待の高まりは諸外国でも同様であるが、現時点、木質バイオマス为原料として ATJ 技術を用いて SAF を量産するプラント・事業は国内外のいずれにも存在しない。

3.2.3. ATJ による木質バイオマス SAF の NEDO 事業等

このような木質バイオエタノール ATJ 方式 SAF への期待の高まりを背景として、国はグリーンイノベーション基金（GI 基金）や GX 経済移行債を活用した技術開発支援や、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）を通じた実証事業支援等を積極的に行っている。

木質バイオマスエタノール、またはこれを原料とする SAF の製造をテーマとした主な研究開発・実証事業は以下のものが挙げられる。それぞれの事業名称やその概要は以下のとおりである。

- ・ NEDO バイオものづくり革命推進事業（第 1 回公募）

- 製紙産業素材を活用したバイオ燃料・樹脂原料等の商用生産に向けた研究開発・実証

- ≫ 未利用資源 パルプ・古紙パルプ・ペーパースラッジを用いて糖化・発酵法にてエタノール・樹脂原料・アミノ酸を開発する

- ≫ 実施体制

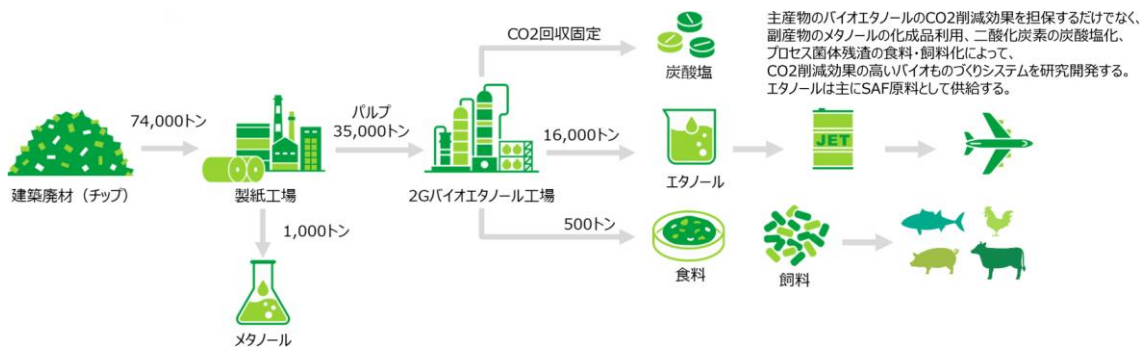
大王製紙株式会社
Green Earth Institute 株式会社
≫ 事業期間：2023～2030 年度



出典：バイオものづくり革命推進 WG

図 3-8 同事業概要

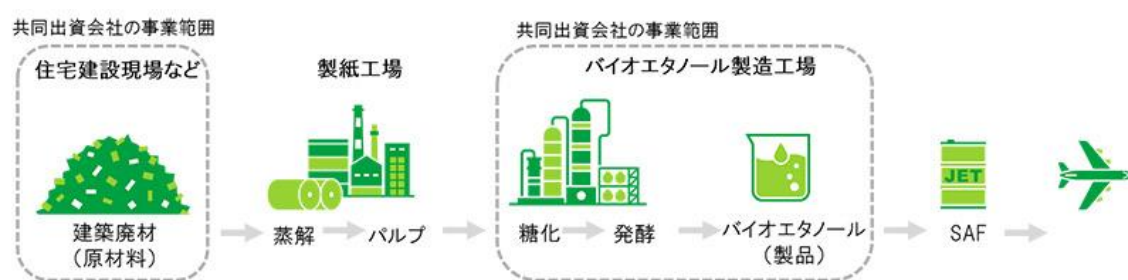
- ・ NEDO バイオものづくり革命推進事業（第 1 回公募）
- 建築廃材等未利用資源を活用した SAF 用 2G バイオエタノール生産実証事業
- ≫ 未利用資源建築廃材等を用いて SAF 用バイオエタノール生産実証を行う
- ≫ 実施体制
- 大興製紙株式会社
- 委託：東京大学
- 委託：Agro Ludens 株式会社
- ≫ 事業期間：2023～2030 年度



出典：バイオものづくり革命推進 WG

図 3-9 同事業概要

本事業主体の大興製紙の親会社であるレンゴー株式会社は、SAF 原料となるバイオエタノールの生産に関して住友林業株式会社と基本合意書を締結済みであり、原料には、住友林業の住宅建設現場で出る木くずなどの建築廃材を収集する予定としている。また、2025年12月を目途に共同出資会社を設立する予定であり、2027年までに年間2万kLの商用生産を目指すとしている。バイオエタノールの製造には、株式会社 Biomaterial in Tokyo（レンゴー子会社）の技術を使用し、バイオエタノールの製造拠点は大興製紙（富士市）を予定している。



出典：住友林業

図 3-10 同事業概要

・ NEDO バイオものづくり革命推進事業（第2回公募）

純国産木材バイオリファイナリーによる世界最高クラスの低炭素バイオエタノール生産プロセスの開発

≫ 実施体制

日本製紙株式会社

Green Earth Institute 株式会社

≫ 事業期間：2024～2029 年度

≫ 東北地方の木質チップを原料とするバイオエタノールを製造。バイオエタノールは SAF 向けだけでなく、ガソリン直接混合や燃料電池用途、化粧品、および化学品原料としても幅広く活用される予定。

森林循環とSAFの関係性



出典：日本製紙

図 3-11 同事業概要

本事業主体である日本製紙(株)、住友商事(株)、Green Earth Institute(株)(略称 GEI)は2023年2月に「森空プロジェクト」を発足し、3社は木質バイオマスを原料とするバイオエタノール及びバイオケミカル製品の製造販売事業の合弁会社「森空バイオリファイナーリー合同会社」を2025年7月に設立した。



(左から順に) 木材チップ、パルプ、発酵培養液、「森空」バイオエタノール

出典：日本製紙

図 3-12 木材由来バイオエタノール等

同社プレスリリースによると、日本製紙の岩沼工場(宮城県)内にセミコマーシャルプラントを建設し、製材端材などの東北地域の持続可能な森林資源を原料として、GEIが開発した低炭素、低コストを実現できるバイオエタノール生産プロセスを用いて、2027年から年産1,000kL以上のバイオエタノールを製造する予定としている。また2030年頃をターゲットに、年産数万kL以上のバイオエタノールおよびバイオケミカル製品の製造が可能となる、コマーシャルプラントの稼働を目指すとしている。2025年3月には日本航空(JAL)、エアバス社が同プロジェクトに参画し、日本航空は2025年10月に森空バイオリファイナーリー合同会社に出資も行っている。

木質バイオマスを原料として第2世代バイオエタノールを製造すること、またこの第2世代バイオエタノールからジェット燃料を製造すること、これ自体はすでにそれぞれほぼ

完成された技術であると考えられている。今後はこの商用化に向けて、設備装置の大規模化や、製造条件の最適化等を進めることが必要とされている。これにより、コストダウンが進むと考えられる。

・ NEDO バイオものづくり革命推進事業（第2回公募）

木質等の未利用資源を活用したバイオものづくりエコシステム構築事業

≫事業概要：製紙工場等が持つインフラを有効活用することで木質等の未利用資源の安定供給を実現し、さらに統合型バイオファウンドリ事業者や製品の製造を担う事業者がコンソーシアムとして連携・実証を行う

≫実施体制

王子ホールディングス株式会社

株式会社バックス・バイオイノベーション

日揮ホールディングス株式会社

株式会社 ENEOS マテリアル

大阪ガス株式会社

東レ株式会社

≫事業期間：2024～2031 年度



出典：バイオものづくり革命推進 WG

図 3-13 同事業概要

本事業主体である王子 HD は、2015～2017 年度の NEDO 事業による木質由来エタノールの開発実証を経た後、王子製紙米子工場内に、木質由来エタノール・糖液のパイロット設備を設置し、2025 年 5 月に竣工した。同設備概要は以下のとおりである。

能力：①木質由来エタノール 最大 1,000kL/年（重量換算 820t/年）

②木質由来糖液 最大 3,000t/年（糖の乾燥重量として）

原料使用量：木材チップとして約 6,000 t/年、木材パルプとして約 3,000t/年

2030 年時目標：エタノールとして 10 万 kL 供給

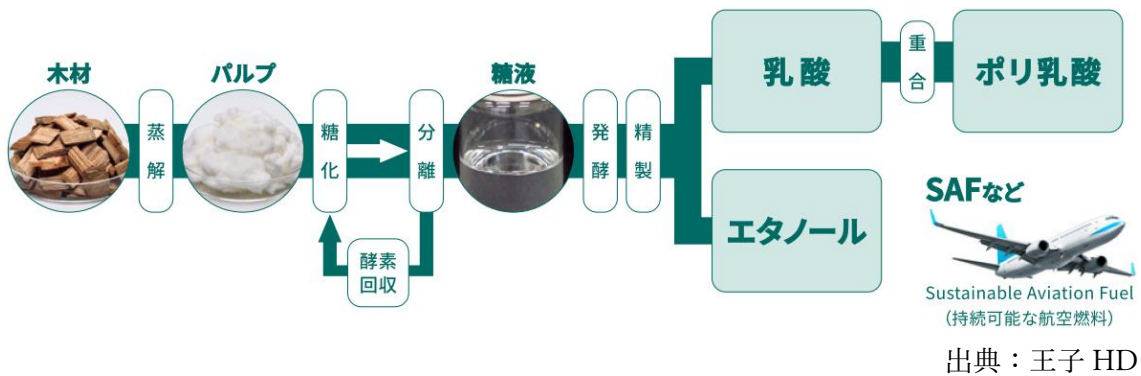
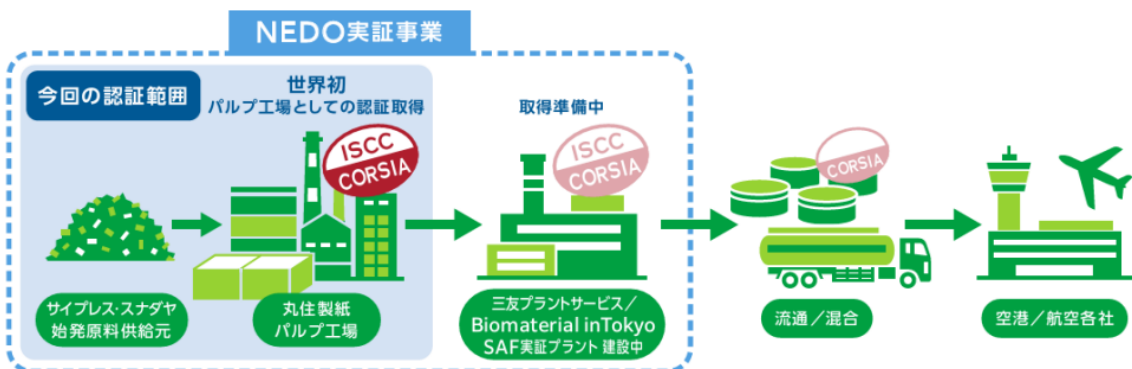


図 3-14 同事業概要

- ・ NEDO バイオジェット燃料生産技術開発事業
 実証を通じたサプライチェーンモデルの構築
 パルプからの国産 SAF の一貫生産およびサプライチェーン構築実証事業
 ≫実施体制
 三友プラントサービス株式会社
 株式会社 Biomaterial in Tokyo
 丸住製紙株式会社（委託先）
 ≫事業期間：2022～2024 年度
 ≫事業概要：10 kL/年 SAF 生産設備での実証実験 エチレン・ジェット燃料製造試験
 実証プラントの設計・設置（丸住製紙）
 2,000 kL/年のバイオエタノール生産プラント、国産ニート SAF 生産（150kL/年）プラ
 ント
 丸住製紙大江工場（愛媛県）は、パルプ工場として世界初の ISCC-CORCIA 認証取得



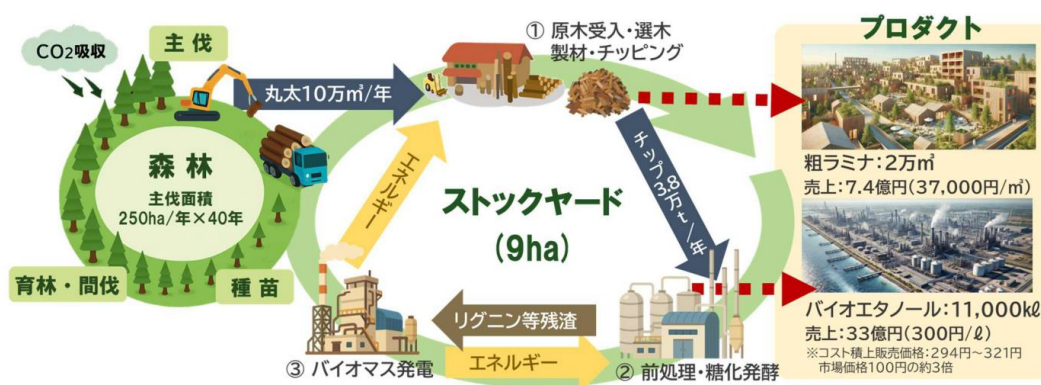
出典：Biomaterial in Tokyo

図 3-15 同事業概要

バイオエタノールを車両やジェット機等の燃料としてではなく、化学原料として使用する取組は古くから行われている。国内では木質バイオマスをバイオエタノールの原料とす

る調査研究が行われており、一般社団法人プラチナ構想ネットワークでは、その「ビジョン2050」において、木質バイオマスを原料とするエタノール・オレフィンの製造に関する検討結果（概要）を公表している。公開情報とヒアリング調査によると、この調査では

- ・木質チップからリグニンを除去するための技術としては、一般的な希硫酸処理を想定。
- ・絶乾 38,640t/年のチップを糖化発酵させ、11,000kLのエタノール製造（収率 0.28kL/t）。
- ・コンビナートの周辺に、下記の小型プラント兼ストックヤードを百数十カ所設置し、コンビナートでバイオエタノール・オレフィンを製造。（全国で764箇所のプラント）
- ・バイオエタノール価格：300円/Lを想定。



出所：プラチナ構想ネットワーク作成

項目	森林 (林業)	ストックヤード	製材工場			計
			チップング	前処理 糖化発酵	バイオマス発電	
CAPEX (主な費用)	11.2億円 (林業機械)	7.2億円 (土地・事務所建屋)	14.8億円 (製材機・チップャー)	81.4億円 (プラント・建屋)	25.3億円 (プラント・建屋)	139.9億円
【参考】 マテリアルフロー	丸太 100,000m³/年	→	→	チップ (絶乾) 38,640t/年	→ (リグニン等残渣)	粗ラミナ：20,000m³ バイオエタノール：11,000kL

出典：プラチナ構想ネットワーク

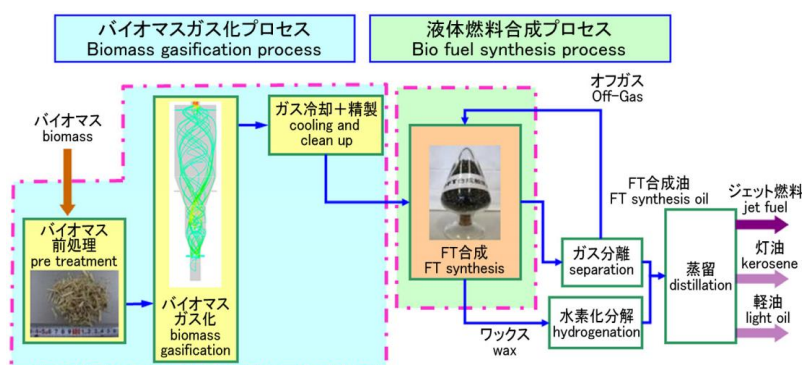
図 3-16 同事業概要

3.3. 「ガス化 FT 合成」による SAF 製造プロセスの概要

「FT 合成（フィッシャー・トロプシュ合成）」とは、一酸化炭素（CO）と水素（H₂）を原料として、鉄やコバルトによる触媒を用いて、液体燃料（液体炭化水素）を合成する化学プロセスである。石炭等の固体燃料や廃棄物等の固体バイオマスから発生させたガスから、ガソリンや軽油、ジェット燃料等の液体燃料を製造することを目的として開発された技術であり、ドイツ等では第 2 次世界大戦中にも FT 合成により多くの液体燃料が製造されるなど、古くから利用され、これ自体はほぼ完成した技術であると言える。現代では、陸空海の幅広い運輸部門の脱炭素化が求められており、バイオマスや水素等の非化石資源から、「合成燃料（e-fuel）」と呼ばれる非化石液体燃料を製造する技術として、世界的に技術開発や実証事業等が進められている。

「ガス化 FT 合成」とは、木質バイオマスや農業残渣等の幅広い固体資源からガスを生成させる「ガス化プロセス」と、その合成ガスを原料として液体燃料を製造する「FT 合成プロセス」を組み合わせた製造技術の呼び名である。なお、FT 合成に適した H₂/CO モル比は約 2 であるため、ガス化炉ではなるべく H₂/CO モル比が 2 に近いガスを生成させることが求められる。

図 3-17 は、木質バイオマスを原料としたガス化 FT 合成プロセスのイメージである（後述する NEDO 事業における三菱重工の事業イメージ）。本稿では既往文献にならない、「ガス化 FT 合成」を略して「GFT」と呼ぶ。



出典：SAF 導入促進官民協議会

図 3-17 同事業概要

当該実証事業の前半（ガス化）プロセスでは、前処理（粉砕）した木質チップをガス化炉に投入し、H₂ と CO を主成分とする合成ガスを製造する。このガスは冷却や精製処理を施し、後工程（FT 合成プロセス）に送られる。後半プロセスではこの合成ガスを原料として、FT 合成により合成粗油（FT 粗油や FT 合成油とも呼ばれる）を製造する。この合成粗油

は、製油所等の蒸留装置によりジェット燃料（SAF）や灯油、軽油等に分留され、改質等を経て、用途に応じた最終製品が製造される。SAF 製造については、FT 合成油から蒸留工程を経てニート SAF が生成され、製油所で化石燃料由来のジェット燃料と混合され、混合 SAF となる。

一般的に、車両用のガソリン代替としては「合成燃料（e-fuel）」と呼び、航空分野のジェット燃料代替としては SAF と呼ばれ、燃料仕様は異なるが、本質的には同種の製品であると言える。このことは、バイオマス等を原料としてガス化 FT 合成を用いて製造した広義の合成燃料は、車両や航空、船舶等の幅広い需要に対応するものであり、特定分野の需要の高まりが合成燃料全体の市場拡大に繋がると言えると同時に、原料獲得面では互いに競合する関係にあるとも言える。

先述のとおり、ATJ 方式によるバイオエタノール製造を行うパルプ工場が追加的に受入可能な木質チップの量には限りがあるため、バイオマス発電所の卒 FIT などを理由として発電燃料からの転用が想定される木質チップの多くは、ガス化 FT 合成（又は後述するコプロセッシング）の経路を取ると予想される。ガス化 FT 合成は、草本系も含む多種多様な低品質な原料を処理可能な技術であることも、発電用途からの木質チップの転用・移行が予想される理由である。

3.3.1. ガス化 FT 合成方式 規模面から見た事業タイプ

ガス化 FT 合成方式であっても、規模の経済性から、プラントは大規模であることが製品コスト面で有利であるが、木質バイオマスのガス化炉や FT 合成設備等の設備単体では、必ずしも大規模な設備に限定されるものではない。

木質バイオマスを原料とする小規模・分散型の SAF 製造の現実性を把握するため、NEDO 事業を実施する以下の 2 タイプの事業主体にヒアリング調査を行った。

	規模面から見た事業タイプ	事業規模（木質バイオマス必要量）
1	コスト効率を最優先した大規模事業	木質ペレット年間 9 万 t 程度
2	木質バイオマス原料の収集を念頭に置いた、地域分散型中小規模事業	木質チップ 年間 1 万 t 程度

事業タイプ 1：コスト効率を最優先した大規模事業

NEDO「バイオジェット燃料生産技術開発」事業 「高性能噴流床ガス化と FT 合成による純バイオジェット燃料製造パイロットプラントの研究開発」

≫事業体制及び開発技術

- ・三菱重工業株式会社（MHI）「部分酸化式噴流床ガス化技術」
- ・米国 Velocys 社／東洋エンジニアリング株式会社「マイクロチャンネル FT 合成技術」

事業者ヒアリングの概要

- ・ガス化技術及び FT 合成技術それぞれは、いずれもほぼ完成された技術である。木質バイオマスのガス化 FT 合成の商用化にあたり、パイロットプラントの延長としてのスケールアップ実証が求められる。
 - ・コスト面では、大規模であるほど望ましい。
 - ・木質バイオマス原料を大量に必要とするため、原料の輸入や草本系原料の利用が考えられる。
- ガス化プロセス（部分酸化式噴流床）について
- ・後工程である FT 合成に適したガスのモル比（H₂/CO モル比 2）を得るために、ガス化炉内での水性ガスシフト反応によって H₂/CO 比を調整。
 - ・木質ペレット又は粉碎した乾燥木質チップ（水分の基準値は 15%程度）を使用可能であり、ガス化炉 1 基でペレット又はチップを数十 t/日の処理を行う。
木質ペレット 300t/日（9 万 t/年）から、ニート SAF 38.6kL/日（11,580kL/年）製造。
つまり、木質バイオマス 1t（DBt）から SAF への転換率は 128L/t 程度。
 - ・木質バイオマスの樹種の違いは、ガス化に対して大きな影響を与えないが、スラッキングの観点から灰融点等の確認が必要である。
- FT 合成プロセス（Velocys マイクロチャンネル FT 合成）について
- ・当該 FT 反応器は、単機容量 16～111kL/日（4,770～33,300kL/年）が標準である。
木質ペレット 300t/日から、ニート SAF の副産物として 10.6kL/日のナフサが生産される。
 - ・木質チップ（水分 15%以下）から FT 合成改質油への転換率は、194L/t。
製油所における FT 合成改質油からジェット燃料留分（C8-C16）収率は最大 70%程度。
つまり総合転換率は、136L/t 程度。（水分 10%を絶乾補正すると 151L/t）
SAF の比重を 0.8 とすると、0.12t/t（転換率 12%）程度となる。
- GHG 排出量・BECCS（Bioenergy with Carbon Capture and Storage）について
- ・FT 合成は発熱反応であり、ガス化 FT 合成プロセス全体でも外部から追加が必要となる燃料等が少ないため、一般的に、GHG 排出量は小さい。
このため、CORSIA のデフォルト値では、森林残渣を原料に用いる場合、ガス化 FT 合成方式のライフサイクル GHG 排出量は 8.3g-CO₂/MJ と試算されている。当該 GHG 排出量の大部分が原料の収集、輸送プロセスによるものである。
 - ・CO₂ は FT 合成に寄与しないので、合成ガスを FT 合成に導入する前に CO₂ を除去することが通常である。三菱重工業のような酸素吹きガス化炉から生成される合成ガス中の CO₂ は容易に除去できるため、BECCS（Bioenergy with Carbon Capture and Storage）

にも適した技術・プロセスである。SAFの比較対象となるJet A-1からのCO2削減量は、BECCSを考慮した場合に170g-CO2/MJ程度となる。

- ・ガス化FT合成は一般的に、HEFAやATJ方式と比べてコスト高であるが、CCSによる削減効果を反映可能となれば、CO2削減の費用対効果はHEFAと互角以上となる。

なお、従前は、CORSLIAにおいてBECCSを活用したCI値(Carbon Intensity)計算に関するルールが未策定であったが、「CORSLIA Methodology for Calculating Actual Life Cycle Emissions Values(第6版:2025年6月)」改定において、CCSの計算方法が新規策定されたことにより、BECCSによるGHG削減の反映が可能となった。

事業タイプ2:木質バイオマス原料の収集を念頭に置いた、地域分散型中小規模事業

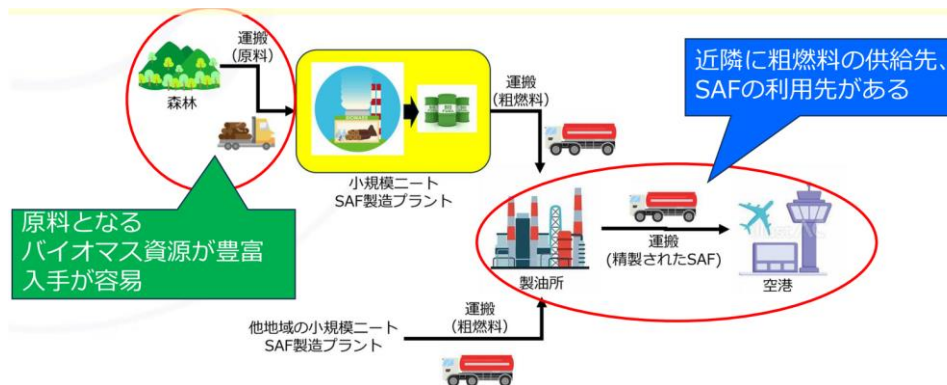
■NEDO事業 バイオジェット燃料生産技術開発事業 技術動向調査

「バイオマスガス化・FT合成による小規模分散型SAF製造技術の実現可能性調査」

≫実施体制:一般財団法人カーボンフロンティア機構

≫事業期間:2024年度

≫バイオマス資源が豊富、近隣に製油関係・航空関係の既存のサプライチェーンが整備されていることを条件に、適地調査を実施。岡山県を有力候補先として選定。



出典:カーボンフロンティア機構

図 3-18 同事業概要

カーボンフロンティア機構へのヒアリング概要

■ガス化炉の方式

- ・木質バイオマスを原料とするガス化炉の方式は、主に「直接式」と「間接式(外熱式)」に大別される。

項目	直接式ガス化		間接式ガス化	
概念				
製造メーカー	A社 (海外)	B社 (海外)	C社 (海外)	D社 (国内)
国内導入数	2	36	0	1
発電能力(kW)	2,000	40	2,110	150
発生ガス量(Nm ³ /h)	1,400	75.8	2,000	400
バイオマス種類/量	湿チップ定形 2,500kg/h	乾チップ定形 40kg/h	乾~湿チップ 1,650kg/h	粉体(乾) 280kg/h
およそのガス性状 (vol%)	H ₂ :20, CO:20, CO ₂ :10, CH ₄ :2, N ₂ :50 (H ₂ /CO:約1)		H ₂ :40, CO:20, CO ₂ :20, CH ₄ :10, N ₂ :10 (H ₂ /CO:約2)	

出典：カーボンフロンティア機構

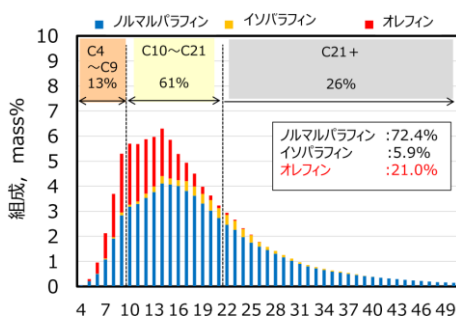
図 3-19 ガス化炉 ガス化方式の比較

- ・日本国内では、FIT 制度により、木質バイオマスをガス化し発電する小型のガス化炉 (Volter 社等の CHP) が多数普及した。
- ・FT 合成に適した H₂/CO モル比は約 2 であるが、Volter 等の小型 CHP で用いられる直接式ガス化では通常、H₂/CO 比は約 1 であり、間接式ガス化では約 2 である。直接式であってもシフト反応を追加すれば H₂/CO 比を変更することは可能であるが、既設ガス化炉の改造 (窒素除去等の装置追加含む) はコスト面で現実的でない。仮に小型 CHP を利用する場合、H₂/CO 比 2 が得られる新機種の開発が必要と考えられる。よって、本 NEDO 事業では間接式 (2,000kW 規模) を想定した調査が行われた。

■量産規模・収率 (木質バイオマスから SAF への転換率)

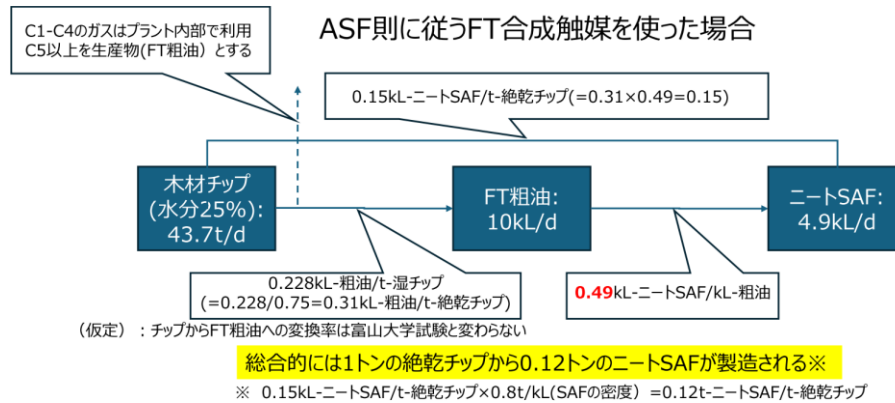
(※以下の数値は理想的条件の場合。商用プラントでは 5~10% 程度の収率低下に留意)

- ・一般的に、FT 合成により生成される炭化水素の割合は ASF (Anderson-Schulz-Flory) 分布則に従うため、ジェット燃料となる中間留分 (C₁₀~C₂₁) が約 6 割を占める。



出典：カーボンニュートラル燃料技術センター

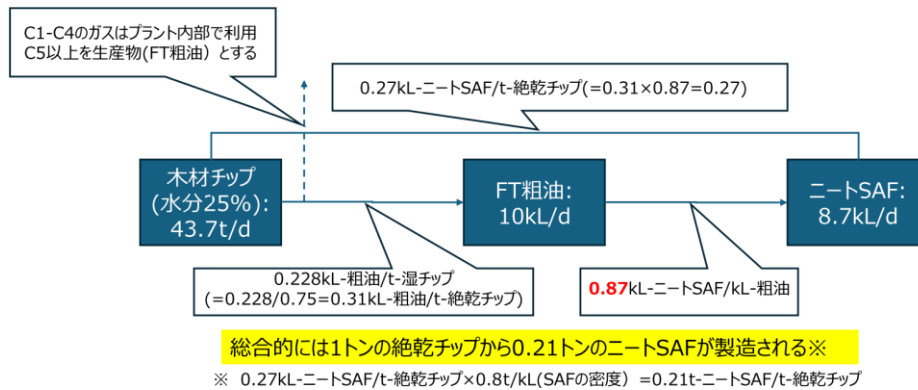
図 3-20 FT 合成により生成される炭化水素の割合



出典：カーボンフロンティア機構

図 3-21 ASF 則に従う FT 合成触媒を使った場合

- ・富山大学 椿教授が開発中の新たな高性能 FT 合成触媒を使う場合、炭化水素の割合は ASF 分布則を破り、ジェット燃料となる中間留分 (C10~C21) 比率が大きく高まる。
(※以下の数値は理想的条件の場合。商用プラントでは 5~10%程度の収率低下に留意)



出典：カーボンフロンティア機構

図 3-22 新たな高性能 FT 合成触媒を使う場合

- ・ NEDO 事業調査により、商用規模として、12,759 t/年 (43.7t/d) のチップから FT 粗油 10kL/d (2,920 kL/年) が製造される試算結果となった。
- ・ 木質チップ (水分 25%) から FT 粗油の収率は 0.23 kl/t (絶乾換算すると 0.31 kl/t)、また FT 粗油からジェット燃料の収率は 0.87kL/kL である。
よって、木質チップ (絶乾) からジェット燃料の総合収率は 0.27kL/t となる。
SAF の比重を 0.8 とすると、木質チップから SAF への転換率は 0.21t/t (21%) 程度となる。

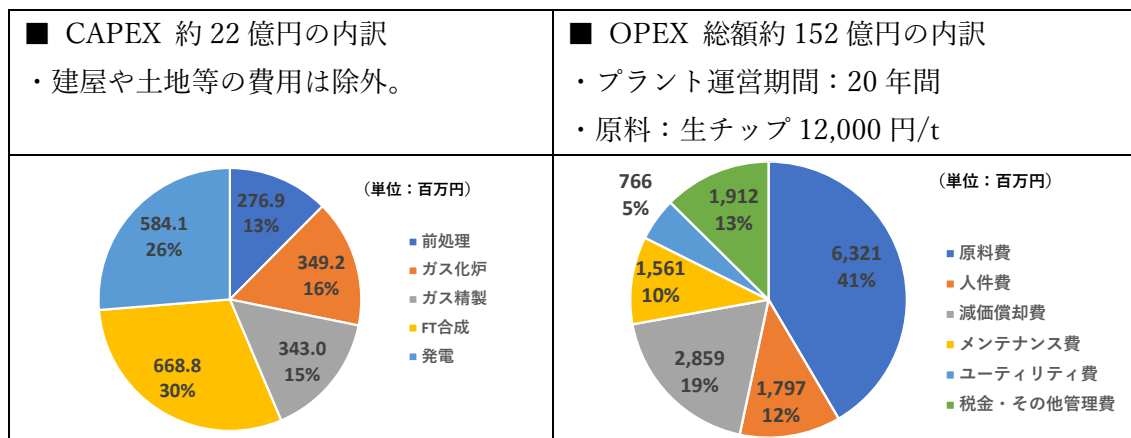
■製造コスト・GHG 排出量

- ・ 本プラントで製造されるニート SAF の当面のコストは 500~600 円/L と想定。

将来の販売価格は 260～330 円/L を目標とする。(FT ワックス等の副生物の販売収益は未考慮の価格)

・GHG 排出量は 13.4g-CO₂/MJ。(BECCS による、さらなる GHG 低減は別途検討が必要)

以上の前提条件を元に、十分に技術が進展した時点でのコスト試算は図 3-23 のとおり。



出典：カーボンフロンティア機構

図 3-23 ガス化 FT 合成の CAPEX、OPEX 試算例

以上のヒアリング情報により、カーボンフロンティア機構が調査対象とした事業の場合、必要とする木質バイオマスが比較的少量であり、比較的小規模なプラントで製造可能と考えられる。現時点、58 件の 2,000kW 規模の木質バイオマス発電所が FIT/FIP 認定を受けており、この規模であれば、全国各地に分散するかたちで SAF の製造事業が広がることも考えられる。

以上より、木質チップの発生地点各地ではガス化 FT 合成方式により FT 粗油までを製造し、それを製油所に輸送し、集中的に高品質な SAF を製造するという「分散型事業」の可能性が確認された。

3.3.2. 「ガス化・FT 合成」事業計画例

ここでは、NEDO 事業による大規模なガス化 FT 合成技術開発技術についてヒアリングを行った。

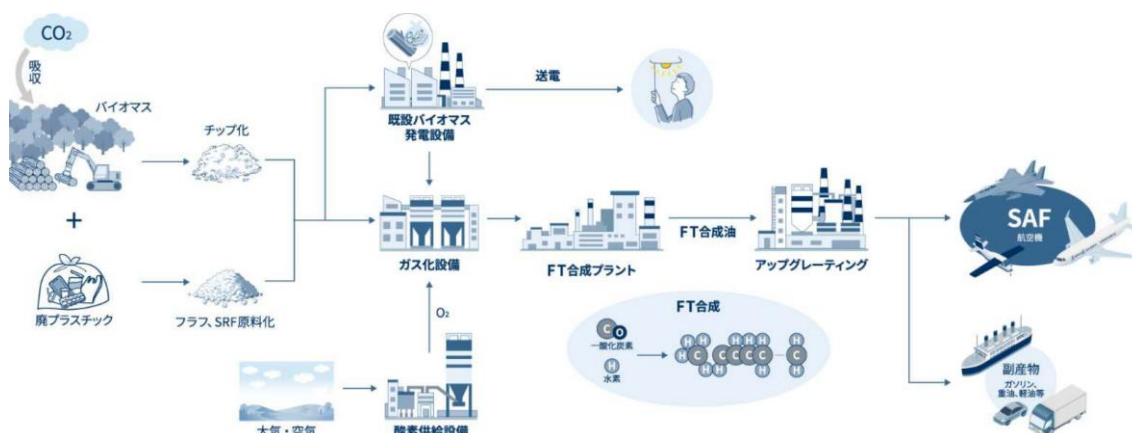
NEDO 「持続可能な航空燃料 (SAF) 等の安定的・効率的な生産技術開発事業」

「秋田県内木質資源・廃棄物を原料とするガス化・FT 合成技術による分散型地産地消 SAF 製造技術」

≫実施体制：ユナイテッド計画株式会社

委託先：住友重機械工業・カーボンフロンティア機構

≫事業期間：2025～2029 年度



出典：ユナイテッド計画

図 3-24 ユナイテッド計画による NEDO 事業イメージ

■ユナイテッド計画社に対するヒアリングの概要（商用化時点の想定）

- ・2030 年代早期にパイロットプラント又は事業プラントの運用開始を目標とする。
- ・木質バイオマス 19 万トン、廃プラ 2 万トンを原料として、FT 粗油生産量は 3 万 kL/年程度と想定。木質原料単体では水素の量が不足し FT 合成の収率が低いため、廃プラにより水素を補充する計画。
- ・同社では、原料の収集・前処理・ガス化・FT 合成に留まらず、FT 粗油をアップグレードしてニート SAF 製造まで行うか否かを検討中。（大規模一貫生産を志向する事業モデル）
- ・ガス化炉（住友重機械工業）の方式は、直接式／循環流動層である。住重のガス化炉では、木質チップのサイズ・水分の許容範囲が広い。（発電用チップをそのまま転用可能）
- ・同社の向浜発電所（20MW）は CAPEX 125 億円程度であり、SAF 量産プラントはそれ以上の金額となる見込み。
ニート SAF の販売価格は 500 円/L 以下を目標とする。
- ・ガス化炉は、全国の既設木質バイオマス発電所を改造することが想定される。発電所では燃焼炉の炉壁が水管であるのに対して、ガス化炉では耐火煉瓦という違いのみであり、比較的改造が容易と思われる。

3.3.3. ガス化 FT 合成 NEDO 事業等

ここでは、NEDO 事業によるその他の主なガス化 FT 合成技術開発の抜粋を行った。

・NEDO バイオジェット燃料生産技術開発事業 実証を通じたサプライチェーンモデルの構築

バイオマスガス化 FT 合成による SAF 製造およびサプライチェーン構築

≫事業概要：バイオマスガス化 FT 合成による商業規模製造設備での実証により SAF を安定して製造するとともに、原料調達から SAF のエアラインへの供給までのサプライチェーン全体について構築する。

≫実施体制

JERA、三菱重工業、東洋エンジニアリング、伊藤忠商事、全日本空輸（委託）

≫事業期間：2021～2022 年度（フェーズ 1 で終了）

項目	実施内容	目標
商業設備規模等検討	・ 最適な設備規模、適用法令確認・対応の検討	・ 設備規模決定、法令対応検討完了
木質バイオマス原料調達	・ 低品位なバイオマス、廃棄物系のバイオマス等選択範囲を広げた調達先調査	・ バイオマス原料調達ポートフォリオ構築（立地地点の決定）
ガス化設備基本設計	・ 基本設計を実施（前処理設備については設置場所含めて検討要）※各種バイオマスに対応可能設備であること	・ 必要な機器、仕様の確定 ・ 設備コスト、工期の算出
FT合成設備基本設計	・ 蒸留設備含め基本設計を実施※各種バイオマスに対応可能設備であること	・ 必要な機器、仕様の確定 ・ 設備コスト、工期の算出
SAF+JET A-1混合方法検討	・ 既存小規模タンク等の活用によるSAFとJET A-1の混合方法検討 ・ タイムリーなASTM品質適合フロー検討	・ 混合設備の特定、方法の確立 ・ ASTM品質適合手続き方法確立
SAF供給方法検討	・ 貯蔵、輸送の最適化を念頭に空港への納入、航空機への給油および品質確認の方法を検討	・ 空港への製品納入～航空機までの給油方法の確立
副生成物活用検討	・ 副生成物の制度面確認、販路検討	・ 副生成物の販路の確保
SAF市場調査	・ SAF市場動向、競合状況、制度設計動向調査 ・ SAF販売価格調査	・ SAFの販路構築完了 ・ 妥当な販売価格の分析完了

	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY	2025FY～2026FY	2027FY	2028FY
フィージビリティスタディ	事業可能性検討						
設備設計準備			設備建設準備				
設備建設					設備建設・実証運転		
事業開始			ステージゲート				営業運転

出典：JERA

図 3-25 同事業概要

・NEDO バイオジェット燃料生産技術開発事業 実証を通じたサプライチェーンモデルの構築

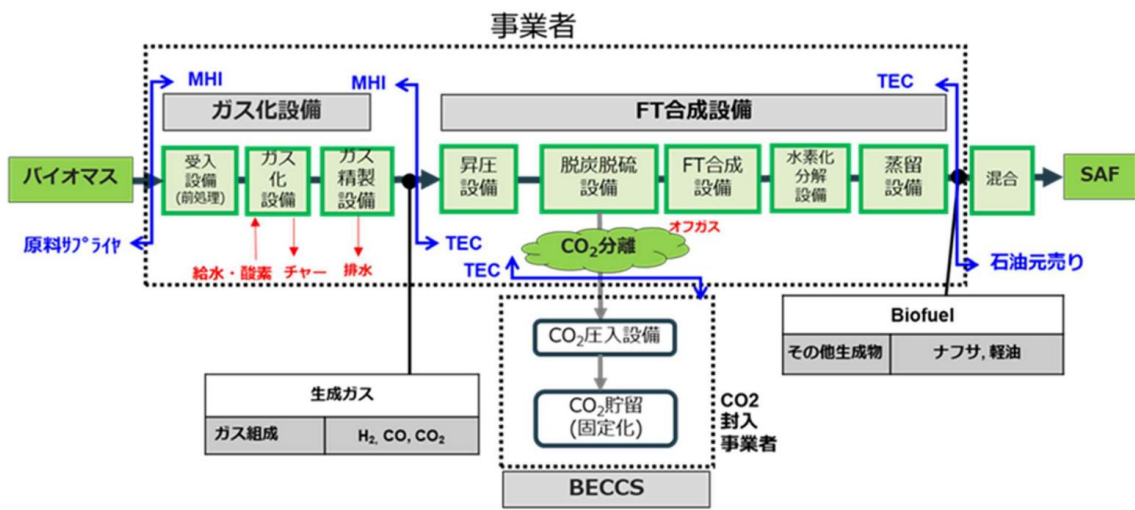
BECCS を活用したガス化 FT 合成プロセスによる SAF 製造技術のビジネスモデル検証

≫実施体制

三菱重工業株式会社

東洋エンジニアリング株式会社

≫事業期間：2023～2024 年度

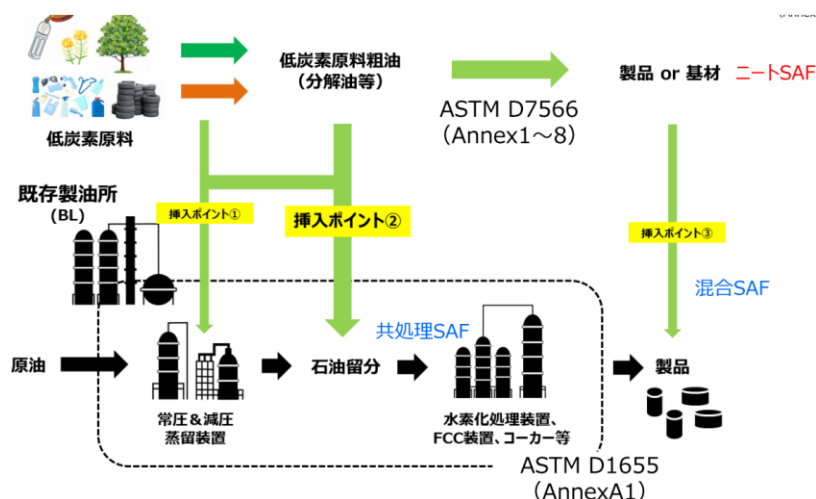


出典：NEDO

図 3-26 同事業概要

3.4. Co-Processing (共処理) による SAF の製造

一般的にニート SAF 専用の製造装置は高額であり、新規導入にも一定の時間を要する。これは SAF に限らず、他のバイオ液体燃料にも共通の課題である。このため、既存の製油所装置を活用し、従来の化石由来原料(原油等)と廃食油等のバイオマス原料を共処理 (Co-Processing: コプロセッシング。コプロと略す) し、SAF 等の脱炭素・低炭素液体燃料を製造する取組みが欧米諸国を中心に高まりつつある。ATJ やガス化 FT 合成方式により製造されたニート SAF と対比して、コプロにより製造された SAF を「共処理 SAF」と呼ぶ。なお、コプロそのものは、海外ではすでに一般的な技術であるが、日本国内の製油所では、原料を問わずコプロは行われていない。



出典：カーボンニュートラル燃料技術センター

図 3-27 コプロにおける原料挿入ポイント

コプロによる SAF 製造は ASTM D1655 AnnexA1 において規定されており、現時点、3 つの変換プロセス・原料の組合せが登録されており、使用できる原料、製造プロセス、最大混合率に制限を設けている。現時点、コプロによる SAF 製造について、木質バイオマスを対象としたプロセスは、表 3-2 のうち「従来製油所における FT 炭化水素の共水素化処理」に限られる。本章第 3 節で報告した FT 粗油の使用が可能である。

よって、後述する木質バイオ原油をコプロ SAF の原料として使用するには、まずは ASTM D1655 AnnexA1 の新規登録が必要となる。

表 3-2 ASTM D1655 AnnexA1 コプロ SAF 製造プロセス

変換プロセス	原料	最大混合率
--------	----	-------

従来製油所におけるエステルと脂肪酸の共水素化処理	石油と共処理された油脂グリース	5 %
従来製油所における FT 炭化水素の共水素化処理	石油と共処理された FT 炭化水素	5 %
バイオマスの共水素化処理		10%

出典：カーボンニュートラル燃料技術センター

現行の ASTM D1655 AnnexA1 に規定された最大混合率 5%/10% は、比率として見れば低いと言えるが、製油所での処理総量を考えれば相当に大きな量となると考えられる。現在、一部の石炭火力発電所では木質バイオマス（チップ等）を低い比率（5% など）で混焼させているが、石炭火力発電所で使用する燃料総量が大きいことから、木質チップの使用量は大きな規模となっている。製油所における木質バイオ原油のコプロは、石炭火力発電所バイオマス混焼の「液体燃料」版のようなものと言える。

日本の製油所は装置の安全・安定操業を最重視しており、新たな原料の使用には非常に慎重であると言われている。かつ古い設備も多いため、仮に今後、ASTM D1655 AnnexA1 において木質バイオ原油を原料とするコプロが登録された場合であっても、当初の混合率は低いものと想定される。

仮に国内で商用プラント 1 号機が 2030 年代半ばに実現するとしても、複数の製油所への展開や混合比率の増加による木質バイオ原油コプロ SAF 生産量の拡大は、2040 年以降と想定される。

なお、コプロはジェット燃料側での混合技術であるため、コプロ SAF はニート SAF との併用（コプロ SAF とニート SAF の混合）が可能である。数値は仮定の例であるが、ニート SAF50%+コプロ SAF50%（45%化石燃料+5%木質バイオマス）のような構成も考えられる。

3.4.1. 木質バイオマスの油化

木質バイオマスを原料としてコプロによる SAF を製造するためには、まず木質バイオマスを油化する必要がある（ここでは FT 合成方式を除く）。このように木質バイオマスを原料として製造された油を、「木質バイオ原油」などと呼ぶ。用途によっては、木質バイオ原油をそのまま燃焼させることも可能であるが、製油所でコプロを行うためには、製油所設備が受入可能な性状・品質に事前に調整を行う必要がある。木質バイオ原油は特に酸素等の不純物が多く、腐食性の強い油であるため、設備の腐食等を防ぐため、脱酸素等の前処理を行うことが重要である。

木質バイオマスを原料としてバイオ原油を製造するプロセスには様々なものがあるが、代表的製法として、「熱分解法(Pyrolysis)」や「水熱液化法(Hydrothermal liquefaction, HTL)」がある。両者を比較すると、熱分解法は相対的に技術的ハードルや製造コストが低く、すでに一部商用化されているが、熱分解法により得られた木質バイオ原油は不純物である酸素が多い(50%程度)という課題がある。他方、水熱液化法は相対的に酸素濃度が低い(6~18%程度)バイオ原油を得ることができるというメリットがあるが、技術面でのハードルがかなり高く、製造コストも高いという課題があり、この実用化には相当の年数を要すると考えられる。このため、当面は熱分解法の使用が想定される。

いずれの製法も木質バイオ原油は酸素等の不純物が多く、腐食性の強い油であるため、脱酸素等の前処理が必要であり、これに伴い大量の水素が必要となることが、技術・コスト両面での最大の課題である。

現時点、日本国内で木質バイオマス熱分解油を量産している社は無いと考えられる。

3.4.2. 製油所におけるコプロの収率等

コプロによる木質バイオマスから SAF への転換率は前提条件次第で大きく変わるが、一般的に木質バイオマスからのバイオ原油収率が 50%程度であり、このうち、ジェット留分収率が 20%程度と想定する場合、総合収率は 10%程度となる。この場合、ジェット留分の密度を 0.8 程度とすると、100 BD tの木質バイオマスから SAF が 12.5kL 得られることとなる。

3.4.3. 小規模分散型事業の可能性

先述のとおり、木質バイオマスを原料とするコプロ SAF の製造は、木質バイオ原油の製造と、その後の共処理(コプロ)という2つのプロセスから成立している。コプロ方式による SAF 製造についても、プラント及び事業を大規模化してコストダウンを図ることは有益であり、後工程のコプロそのものは既存の製油所設備を利用するため、小規模化は想定されない。

他方、前工程の木質バイオ原油は相対的に小規模・簡易な設備で製造することが可能である。このため、木質バイオマス原料の収集に適した各地域で、ある程度の品質の木質バイオ原油まで製造し、それを製油所に集めてまとめてコプロ(共処理)を行い、ジェット燃料に適した品質まで改質するという事業が成立する可能性もある。この場合、木質チップ等の製

造地域では SAF に必要なグレードまで作り上げる必要が無いため、発電や熱利用だけでない液体燃料（ジェット燃料以外の液体燃料も含む）という新しい「出口」になると期待される。

3.4.4. 木質バイオマス熱分解油の海外製造事例

オランダの BTG 社は、木質バイオ原油の一つである「高速熱分解バイオオイル：Fast Pyrolysis Bio Oil (FPBO)」の製造技術開発を行っている。同社自身で FPBO の製造は行わず、FPBO 製造用プラントを設計施工（ターンキーで引き渡し）する事業モデルとしている。同社による量産プラントはオランダ、フィンランド、スウェーデンで稼働中であり、いずれのプラントも FPBO 生産量は 24,000t/年である。現時点、この FPBO は SAF には使用されておらず、重油ボイラーで直接燃焼させ（混合率 1%程度）、CO2 排出量の削減策として活用されている。

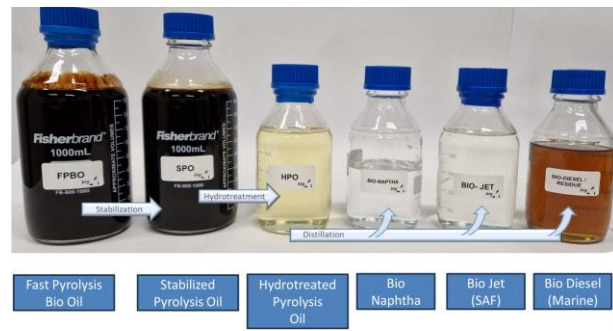
同社の製造技術では、木質バイオマス原料の処理温度は概ね 500°C、処理時間は 2 秒程度であり、高速熱分解の一つと位置付けられる。同社では FPBO 量産プラントの標準的な規模として、木質バイオマス 3.6 万 t（水分 2.5~3%）から FPBO 2.4 万 t の製造を想定しており、木質バイオマスの観点では「大規模」と呼ぶべき規模（※発電所換算で 5MW 程度の規模）と言える。イニシャルコストは 40~50 億円程度となるが、設備を国産化することにより低減可能と言われている。

同社プラントは生チップ（高水分なチップ）を受入可能であるが、ガス化反応炉に投入する前に、プラント内の乾燥炉で水分を 2.5~3%に下げる。プロセス内で発生する副産物であるチャーを木質チップの乾燥熱源とすることにより、外部からのエネルギー投入は原則不要である。

木質バイオ原油の一つである FPBO の酸素率は 45%程度、pH 2~3 と酸性であるため、強い腐食性を持つ。このため、FPBO を段階的に安定化させ、酸素を除去することにより、「HPO (Hydrotreated Pyrolysis Oil)」としている。酸素ゼロとなった HPO は製油所で留し、ジェット燃料 (SAF)、ナフサ、ディーゼル（船舶用）等が生成される。生成比率は SAF 50~55%、ナフサ 15%、ディーゼル等 30~35%程度とされる。

よって、これらプロセス全体の量・収率の概算イメージとしては以下のとおりである。

木質バイオマス原料	→	FPBO	→	HPO	→	SAF
900t-DB		600t		200t		100t



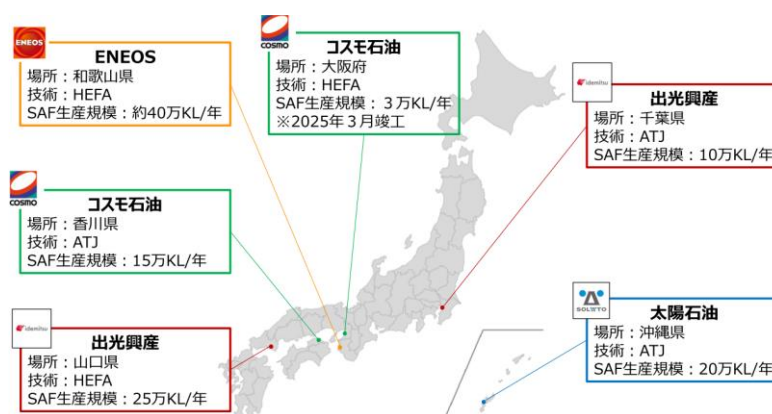
出典：BTG 社

図 3-28 FPBO から SAF 等への転換の流れ

3.5. 日本国内の SAF プラントの稼働状況及び計画

現時点公表されている国内の SAF 商用プラントの計画（※コスモ石油堺製油所内プラントは運開済み）は図 3-29 のとおりであり、SAF の生産能力は 6 プラント合計で 113 万 kL/年である。6 プラントの SAF 製造技術は HEFA と ATJ（第 1 世代バイオエタノール）のみ（※）であり、ガス化 FT 合成やコプロの計画は公表されていない。（※一部、第 2 世代バイオエタノールの実証予定あり）

各プラントの生産規模はいずれも年間数万～数十万 kL であり、コスト面ではこの程度の規模の大きさが必要と言われている。



出典：NEDO

図 3-29 SAF 国内商用プラントの計画（2030 年頃まで）

木質バイオエタノール等 国内量産プラントの計画・構想

国内において、現時点公表されている木質バイオマスを原料とするバイオエタノール等の量産プラント（※パイロットプラントを除く。年間 1 万 kL 程度以上の案件）の計画及び構想は以下のとおりである（本章第 2 節第 3 項から抜粋・再掲）。一部は確定的な計画ではなく、今後の状況次第では、各社の具体的な数量や時期は変わり得ると考えられる。

なお、バイオエタノールから SAF への転換率は 5 割程度であるため、これらバイオエタノールから製造可能な SAF の量はこの半分程度と考えられる。

◆王子 HD

2030 年時目標：バイオエタノール 10 万 kL、糖液を 20 万 t 供給

2033 年度：ポリ乳酸を数万 t/年

※同社では、SAFに限定せず、糖液、エタノール、ポリ乳酸など複数の出口を想定しており、バイオエタノール10万kLは一つの目安とされている。

◆日本製紙、Green Earth Institute 等

2030年頃をターゲットに、年産数万kL以上のバイオエタノール生産

◆住友林業・レンゴー

2027年までにバイオエタノール年間2万kLの商用生産を目指す。

◆大王製紙

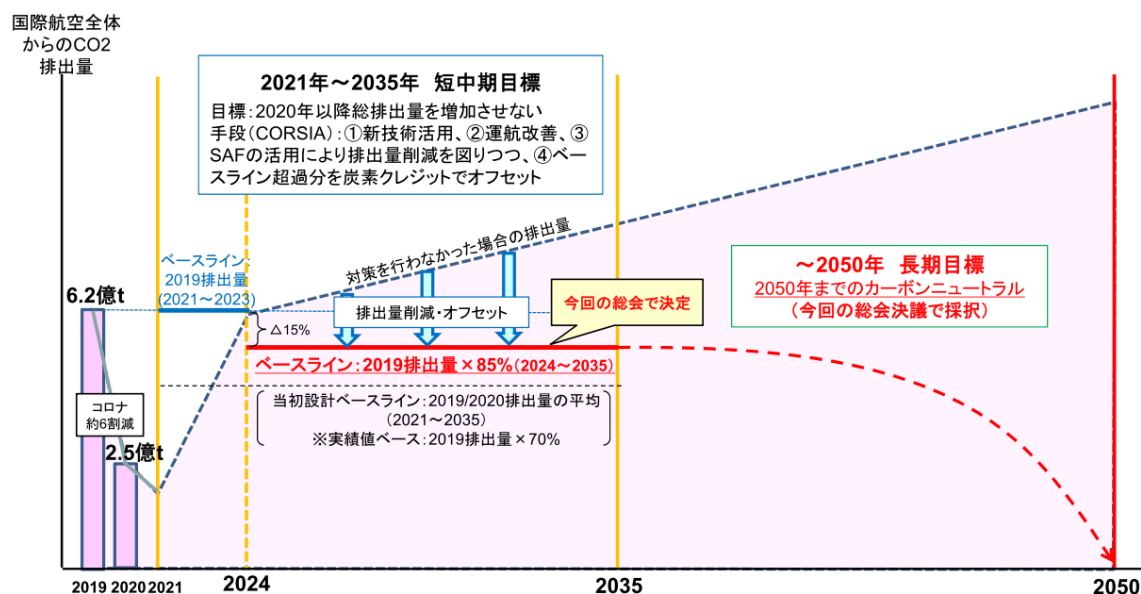
2030年に年間数万kL規模の商用設備の稼働を目指す

4. CORSIA 適格燃料（CORSIA Eligible Fuels：CEF）の概要

国際航空分野において、ICAO が定める GHG 削減義務を履行するためには、ICAO の定める CORSIA 適格燃料を使用する必要がある。

4.1. CORSIA 適格燃料（CORSIA Eligible Fuels：CEF）の概要

国際民間航空機関（ICAO）では、国際航空分野において GHG 排出量の削減を進めるため、2024 年以降の CO₂排出量を 2019 年時点の 85%未満に抑えけるとともに、長期目標として、2050 年までのカーボンニュートラルを目指す目標が採択されている。ICAO ではこの目標達成に向けて、CORSIA（Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation：国際航空のためのカーボン・オフセットおよび削減制度）を策定し、運用している。



出典：国土交通省

図 4-1 国際航空分野の GHG 削減目標

航空分野の CO₂ 排出削減策としては、運航方法の改善、新技術の活用、SAF の活用が想定されているが、これらの直接的な削減努力によっても削減目標を達成できない場合は、CORSIA が認めるカーボンクレジットによるオフセット（相殺）も可能とされている。

CORSIA はフェーズに分けて運用されており、現在の第 1 フェーズ（2024～2026 年）では、自発的参加国である日本の事業者には排出量を抑制する義務が課せられている。また第 2 フェーズ（2027～2035 年）では、原則すべての ICAO 加盟国に削減義務が課せられる。

CORSIA では、SAF の原料や製造方法、その管理等について一定の基準を設けており、航空会社が CORSIA の義務を遵守するためには、CORSIA 適格燃料（CORSIA Eligible Fuels：CEF）を使用する必要がある。

ICAO では、CORSIA のルールを定めた文書や CORSIA 遵守のための手順書、CORSIA 適格燃料（CEF）に対して求める持続可能性基準を定める文書を作成し、随時更新を行っている。本章ではこれらの CORSIA に関連する一連の文書を CORSIA 文書と呼ぶ。

ICAO の CORSIA 文書の一つである「CORSIA Sustainability Criteria for CORSIA Eligible Fuel」（現時点の最新版は 2025 年 6 月の第 4 版）では、CEF に対して求める持続可能性基準を定めており、現時点の基準は表 4-1 のとおりである（和訳は資源エネルギー庁脱炭素燃料政策小委員会事務局による）。持続可能性基準等のルール及びその他の CORSIA 文書は、最新の知見やデータを踏まえ逐次更新されるものである。

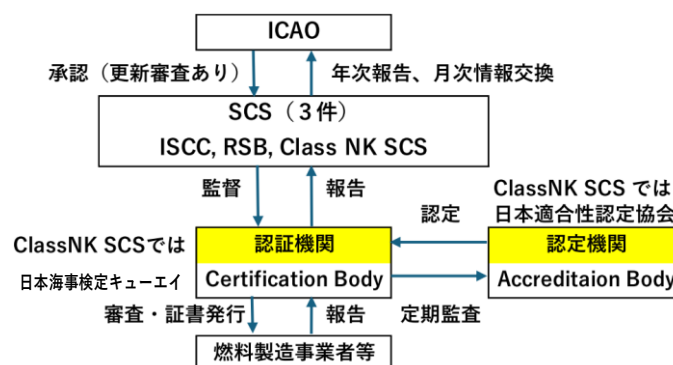
表 4-1 CORSIA 持続可能性基準（2024 年以降）

テーマ	原則	基準
1. 温室効果ガス	CEFはライフサイクルベースで炭素排出量を削減すること。	基準1.1：CEFは、航空燃料のベースラインの値と比較して、ライフサイクルベースで少なくとも10%の正味の温室効果ガス削減を実現すること。
2. 炭素ストック	CEFは高い炭素ストックをもつ土地から得られるバイオマスから作られていないこと。	基準2.1：CEFは、かつて原生林、湿地、泥炭地、サンゴ礁、海藻・海草地域、河口などから転換された水界生態であった土地から2008年1月1日以降に転換された土地、かつ／もしくは原生林、湿地、泥炭地における炭素ストックの減少を引き起こすような土地から得られたバイオマスから作られていないこと。
		基準2.2：2008年1月1日以降の土地利用変化を伴う場合には、IPCCの土地区分を用いて直接土地利用変化による排出量を算定すること。直接土地利用変化による排出量が、誘発土地利用変化による排出量のデフォルト値を超える場合には、直接土地利用変化による排出量で誘発土地利用変化による排出量のデフォルト値を置き換えること。
3. GHG 排出削減の持続性	CEFに適用されるGHG削減効果は永続的であること。	基準3.1：CCS活動によるCO2貯留の非永続性に関して、モニタリング・漏洩回避・漏洩の場合の補填等を行うこと。
4. 水	CEFの製造は、水質及び水の利用可能性を維持又は向上させるものであること。	基準4.1：水質を維持又は向上させるための運用上の慣行を実施すること。
		基準4.2：水を効率的に利用し、地表水又は地下水の資源が補充能力を超えて枯渇するのを防ぐための運用上の慣行を実施すること。
5. 土壌	CEFの製造は、土壌の健全性を維持又は向上させるものであること。	基準5.1：土壌の健全性（物理的、化学的、生物学的状態等）を維持又は向上させるための原料生産又は残渣収集に係る農林業の最良の管理慣行を実施すること。
6. 大気	CEFの製造は、大気の質に対する悪影響を最小限に抑えること。	基準6.1：大気汚染物質の排出を抑制すること。

テーマ	原則	基準
7. 生物多様性保全	CEFの製造は、生物多様性、保全価値及び生態系サービスを維持するものであること。	基準7.1： 管轄する国が生物多様性、保全価値又は生態系サービスのために保護する地域から得られたバイオマスからCEFを製造しないこと。ただし、その活動が保護目的の妨げにならないことを示す証拠が提供される場合は除く。 基準7.2： 栽培された外来種及び改変された微生物が無秩序に広がるのを防ぐ目的で、侵略リスクの低い原料を選択して適切な管理を行うこと。 基準7.3： 管轄する国が生物多様性、保全価値、又は生態系サービスのために保護する地域に対する悪影響を回避するための運用上の慣行を実施すること。
8. 廃棄物及び化学物質	CEFの製造は、廃棄物及び化学物質使用の責任ある管理を推進するものであること。	基準8.1： 製造工程から発生する廃棄物及び使用した化学物質が確実に保管、処理、廃棄されることを確保するための運用上の慣行を実施すること。 基準8.2： 農薬の使用を制限又は削減するための科学的根拠に基づく責任ある運用上の慣行を実施すること。
9. 地震及び振動の影響	該当なし (Low Carbon Aviation Fuel, LCAFのみが対象)	該当なし
10. 人権及び労働者の権利	CEFの製造は、人権と労働者の権利を尊重するものであること。	基準10.1： CEFの製造は、人権と労働者の権利を尊重すること。
11. 土地利用の権利及び土地利用	CORSIA SAFの製造は、土地の権利及び土地利用の権利（先住民の権利及び/又は慣習上の権利を含む。）を尊重するものであること。	基準11.1： CEFの製造では、既存の土地の権利及び権利を含む土地利用の権利（公式・非公式を問わず、先住民の権利を含む。）を尊重すること。
12. 水利用の権利	CEFの製造は、以前の公式又は慣習的な水利用の権利を尊重するものであること。	基準12.1： CEFの製造では、地域社会及び先住民社会の持つ既存の水利用の権利を尊重すること。
13. 地域及び社会の発展	CEFの製造は、貧困地域の社会的・経済的発展に寄与するものであること。	基準13.1： CEFの製造では、貧困地域において、事業の影響を受ける地域社会の社会経済的状況を改善するよう努めること。
14. 食料安全保障	CEFの製造は、食料不安のある地域における食料安全保障を促進するものであること。	基準14.1： CEFの製造では、食料不安のある地域において、直接影響を受けるステークホルダーの食料安全保障の向上に努めること。

出典：CORSIA Sustainability Criteria for CORSIA Eligible Fuel

また CORSIA では「持続可能性認証スキーム (Sustainability Certification Schemes: SCS)」への適格性枠組・要求事項を定めた文書を定めており、CEF は ICAO が承認する SCS による認証を取得する必要がある。当初、SCS は、ISCC と RSB の 2 つだけであったが、2024 年 10 月に一般社団法人日本海事協会 (ClassNK) が 3 つめの SCS として承認された。



出典：カーボンニュートラル燃料技術センターを一部修正

図 4-2 ICAO と SCS 等の関係性イメージ

これに伴い、2025 年 7 月に日本適合性認定協会 (JAB) が認定業務を開始し、また日本海事検定キューエイ株式会社が当該認定の申請を行い、認証業務を開始した。これにより、SAF 認証を全て国内の機関で完結できる体制が整った。現時点、SCS 関連文書はすべて英

文で作成されているが、近日中に ClassNK SCS 関連文書の和訳版が公開予定と報告されている。



出典：日本海事協会

図 4-3 ClassNK SCS 認証スキームの概要

CORSIA 文書では世界共通の基本的なルールを定めているが、各 SCS は CORSIA 文書を基礎としながら、各 SCS がそれぞれ独自に、CEF の新規原料・製法の登録及び CORSIA 認証取得に関する文書を定めている。つまり、CEF として認証される原料の定義等は、SCS によりその細部において相違が生じ得ることも想定されている。

4.2. CORSIA SAF の GHG 排出量デフォルト値

CORSIA の主目的の一つである GHG 削減について、CEF は、航空燃料のベースラインの値と比較して、ライフサイクルベースで少なくとも 10% の正味の GHG 削減を実現することが基準とされている。CEF の比較対象とされる化石燃料由来航空燃料のライフサイクル GHG とは、ジェット燃料：89 gCO₂e/MJ、航空ガソリン：95 gCO₂e/MJ である。

CORSIA では、SAF のライフサイクル GHG 排出量 (LCEF：gCO₂e/MJ) を

$$LCEF = \text{core LCA value} + \text{ILUC} - \text{emission credits}$$

の計算式により算定しており、「core LCA」とはバイオマス原料の栽培から燃料燃焼までのライフサイクル GHG 排出量であり、「ILUC」とは誘発的土地利用変化による GHG 排出量 (直接土地利用変化と間接土地利用変化とを含む) である。

4.3. CORSIA のポジティブリスト

CORSIA では、原料を「主産物・併産物 (primary product, co-product)」、「副産物 (by-product)」、「残渣 (residue)」、「廃棄物 (waste)」に大別しており、副産物・残渣・廃棄物の3区分については、ILUC 排出量や原料栽培由来の排出量を考慮する必要がない（つまり、GHG 排出量 0）という、GHG 排出量算定上の大きな違いがある。副産物等は概ね以下のように定義されている。

- ・副産物：経済価値があり、供給に価格弾力性がない
- ・残渣：経済価値がほとんどなく、供給に価格弾力性がない
- ・廃棄物：経済価値がなく、供給に価格弾力性がない

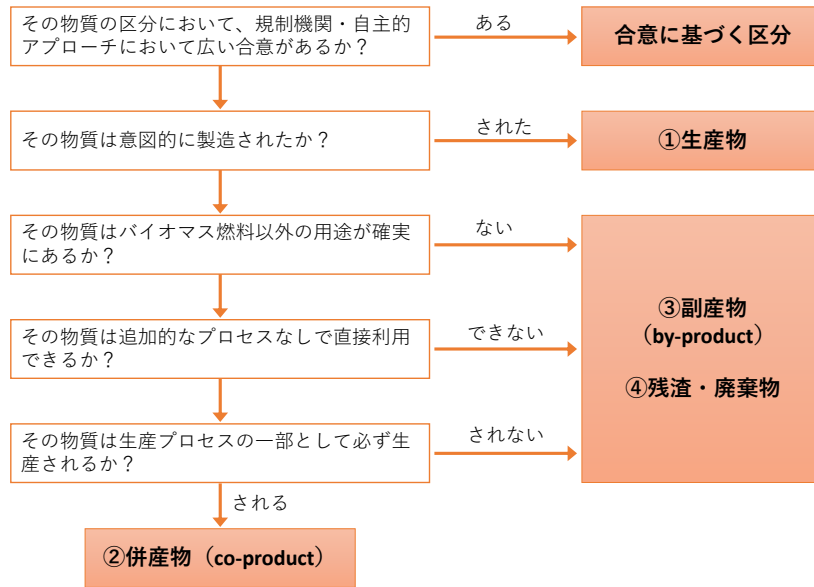
副産物・残渣・廃棄物の3区分についてはポジティブリスト形式（表 4-2）により原料が登録されており、「森林残渣 (Forestry residues)」は残渣 (residue) に区分される。CORSIA ポジティブリストでは、Forestry residues の細目として、Bark (樹皮) や Branches (枝)、Pre-commercial thinnings (商業伐採前の間伐材) 等が含まれる。（表 4-2 では木質バイオマスに関する原料に筆者が赤枠を加筆）。

表 4-2 CORSIA ポジティブリスト (2024 年 10 月)

Residues			By-products
Agricultural residues:	Forestry residues:	Processing residues:	Palm Fatty Acid Distillate
Bagasse	Bark	Crude glycerine	Beef Tallow
Cobs	Branches	Cobs	Technical corn oil
Stover	Cutter shavings	Forestry processing residues	Non-standard coconuts ***
Husks	Leaves	Empty palm fruit bunches	Poultry fat
Manure	Needles	Palm oil mill effluent	Lard fat
Nut shells	Pre-commercial thinnings	Sewage sludge	Mixed Animals fat
Stalks	Slash	Crude Tall Oil	Waste
Straw	Tree tops	Tall oil pitch	Municipal Solid Waste **
		Wheat Starch Slurry*	Used cooking oil
			Waste gases

出典：CORSIA 適格燃料 登録・認証取得ガイド

現時点ポジティブリストに掲載のない原料を、新たに副産物・残渣・廃棄物として提案する場合、以下の判断ツリーに応じてどの区分に追加するかが判断される。国土交通省は新たな原料の登録等の手続の手引きとなる「CORSIA 適格燃料 登録・認証取得ガイド」第三版を発行しており、2025 年度末には同ガイド第四版を発行予定としている。



出典：バイオ燃料を中心とした我が国の燃料政策の在り方に関する調査
 図 4-4 CORSIA ポジティブリスト追加判断の区分

4.4. CORSIA SAF の GHG 排出量デフォルト値

CORSIA 文書では、代表的な原料や製造技術について、core LCA と ILUC の「デフォルト値」を定めている。CEF の原料として認められるためには、CORSIA 文書においてポジティブリストに掲載されるか、又は GHG 排出量デフォルト値が設定されるか、のいずれかの条件を満たす必要がある。core LCA については、デフォルト値の使用又は事業者が自ら実測した排出量のいずれかを使用可能であるが、ILUC はデフォルト値の使用が必須要件である。なお先述のとおり、副産物・残渣・廃棄物の ILUC は 0（ゼロ）である。

現時点、ICAO の CORSIA 文書では「Forestry residues」について、4 つの製造技術について core LCA のデフォルト値を定めている（※Region はいずれも Global）。また、表 4-3 以外に別途、早生樹ポプラについては、core LCA と ILUC の デフォルト値が定められているがここでは割愛する。

表 4-3 「Forestry residues」の core LCA デフォルト値 (gCO₂e/MJ)

製造技術	デフォルト値	ベースラインからの削減率
Gasification FT Fuel Conversion Process	8.3	▲91%
ATJ-SPK from Isobutanol Conversion Process	23.8	▲73%
ATJ-SPK from Ethanol Conversion Process		
Standalone conversion design	31.8	▲64%
Integrated conversion design	24.9	▲72%

出典：「CORCISA Default Life Cycle Emissions Values for CORCISA Eligible Fuels」から筆者が抜粋作成

表 4-3 以外の木質バイオマス为原料とする製造技術については core LCA のデフォルト値が定められていないため、先述の国交省ガイド等を参考として、事業者が新たにデフォルト値の登録手続きを行うか、又は実測値を使用する必要がある。

例えば、ATJ 方式 SAF の原料として有力候補である「パルプ」という中間製品単位では core LCA デフォルト値が設定されていない。副産物/残渣の ILUC は 0 であるため、パルプ由来 SAF のライフサイクル GHG を下げるためには、パルプ原料を副産物/残渣という扱いにすることが重要である。

このため先述の NEDO 事業「パルプからの国産 SAF の一貫生産およびサプライチェーン構築実証事業」において丸住製紙大江工場は「製材残材 (Forestry processing residues) をパルプ原料」としたライフサイクル GHG を実測し、パルプ工場として世界初の ISCC-CORCISA 認証を取得した。なお丸住製紙は、当該ライフサイクル GHG は現時点非公開としている。

4.5. CORCISA ポジティブリストにおける木質バイオマスの扱い

先述の CORCISA ポジティブリスト (表 4-2) において、一般的な木質バイオマスは「Forestry residues (森林残渣)」又は「Processing residues (加工残渣)」に該当する。

建築廃材については、「CORCISA Methodology for Calculating Actual Life Cycle Emissions Values」における扱いが明確ではなかったが、その第 7 版 (2025 年 11 月改定) において、Wastes (廃棄物) に「construction and demolition waste of biogenic origin (建築/解体廃棄物の生物起源分)」が新たに追加されたことにより、建築廃材は「Municipal Solid Waste」(MSW: 都市固形廃棄物) の一つとして CEF の原料となることが明確にされた。

「CORCISA 適格燃料 登録・認証取得ガイド」第三版から引用した表 4-2 にはまだ記載がないが、最新の「CORCISA Methodology for Calculating Actual Life Cycle Emissions Values (第 7 版: 2025 年 11 月)」では、By-products (副産物) の区分に小区分「Forestry by-products」が新設された。現時点、具体的な該当はなく空欄状態であるが、現在、低品質丸太の規格が議論されており、規格が通った場合、Forestry by-product に分類されると思われる。

「Forestry residues (森林残渣)」の一つに「Pre-commercial thinnings (商業伐採前の間伐材)」があるが、CORCISA 文書ではこの具体的な定義は示されておらず、具体的にどのよ

うな行為が「間伐」に該当するか、何が「間伐材」に該当するかという詳細は CORSIA 文書では定義されていない。また主伐に伴い付随的に発生する「曲がり材」や「割れ材」等の利用価値の低い材が、現行のポジティブリストに該当するの否かも明確ではない。

これは、森林や林業の状況は各国により異なるため、CORSIA では一律の定義を示さず、SCS が各国の状況に応じて判断することが想定されているためである。

なお、森林伐採やそこから得られた木質バイオマスについては、CORCIA の持続可能性基準におけるテーマ2「炭素蓄積」を十分に考慮する必要がある。

表 4-4 CORCIA 持続可能性基準 テーマ2 原文

Theme	2. Carbon stock
Principle	Principle: CORSIA SAF should not be made from biomass obtained from land/aquatic systems with high biogenic carbon stock.
Criteria	<p>Criterion 2.1: CORSIA SAF will not be made from biomass that is either obtained/extracted from land or aquatic ecosystems converted after 1 January 2008 that was <u>primary forest</u>, wetlands, peat lands, coral reefs, kelp forests, seagrass meadows, estuaries, tidal salt marshes or mangrove forests or contributes to degradation of the carbon stock in primary forests, wetlands, peat lands, coral reefs, kelp forests, seagrass meadows, estuaries, tidal salt marshes or mangrove forests as these systems all have high carbon stocks.</p> <p>Criterion 2.2: In the event of land use conversion after 1 January 2008, as defined based on the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) land categories, direct land use change (DLUC) emissions will be calculated. If DLUC greenhouse gas emissions exceed the default induced land use change (ILUC) value, the DLUC value will replace the default ILUC value.</p>

出典：CORSIA Sustainability Criteria for CORSIA Eligible Fuels（下線・太線は筆者）

表 4-4 のとおり、CORCIA では炭素蓄積の観点から、primary forest（原生林）に由来する木質バイオマスを CEF 原料として認めていない。他方、植林された人工林は、一定の判断基準があれば問題ないと解釈される。森林の状況は国（その気候等）によって異なるため、炭素蓄積が維持されることを示すことができれば問題ないと考えられる。

どのような木質バイオマスが CEF 原料として適合するかを具体的に判断する（判断のための基準を設ける）のが SCS であるとしても、SCS が全く独自に自ら判断根拠を策定することはなく、SCS が判断の根拠とする公的な基準（文書）が必要とされる。十分に公的であれば民間団体が作成した基準であっても利用可能であるが、国又は国際組織が作成した基準であることが望ましい。

現時点、木質バイオマスについて利用可能な国際的な基準としては EU RED (EU Renewable Energy Directive III) があるが、森林や林業の状況は各国により状況が異なるため、これをそのまま日本に当てはめることには難点もあると考えられる。

SCS が日本において木質バイオマスの利用を判断するには、日本の森林や林業の実情を踏まえた、国が策定した既存の基準を利用するか、又は新たに国が基準を作成することが必要となる。

既存の判断基準の一つとして、再エネ特措法に基づく FIT/FIP 制度で用いられる木質バイオマスについて、供給事業者が由来証明する際の留意事項として、林野庁の「発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン」がある。仮に、同ガイドラインにおいて、発電向けだけではなく、SAF 原料向けの木質バイオマスをカバーできれば、SCS による CEF 原料の判断基準として当該ガイドラインを準用できる可能性があると考えられる。

その他、FIT/FIP 制度で用いられる木質バイオマスに関する文書として、資源エネルギー庁のバイオマス持続可能性ワーキンググループ作成の「FIT/FIP 制度におけるバイオマス燃料のライフサイクル GHG 排出量の既定値」があり、「林地残材等」について定義されている。同文書「表1 木質バイオマスのライフサイクル GHG 既定値区分の定義」における「林地残材等」の定義は以下のとおりである。

林地残材等用材生産を主目的とする伐採により発生する低質材（端材、枝条を含む）、間伐材等。その他、エネルギー利用目的以外の伐採等により発生する病虫害や自然災害による被害木、剪定枝、ダム流木等（廃棄物の場合を除く）

SCS による CEF 原料の判断に向けて、関係省庁（林野庁、国土交通省、経済産業省）が連携して、SAF 向け木質バイオマス供給に関する文書を速やかに整備することが期待される。

現時点、ClassNK SCS は活動を開始したばかりであるため SAF の認証実績はまだ無いが、先行する ISCC では自社 web サイトで、原料の情報を含め、すべての認証実績を英文で公開している。今後、ClassNK SCS も同様の情報公開を行うことが求められている。ClassNK SCS が木質バイオマスについて日本の実情を踏まえた判断基準を設けるとしても、他の SCS (ISCC や RSB) と一定の整合を図る必要はあると考えられる。

仮に今後、主伐に伴う「曲がり材」や「割れ材」由来の木質バイオマスを CEF 原料として利用できるようにしようとする場合、海外関係者の理解を得やすくするため、関係省庁が整備する文書は英文で作成され、適切に原料名が英単語（英文）で記載されるなど、当初から SCS や ICAO 等による参照を前提として作成されることが望まれる。

5. 木質バイオマスを原料とする SAF 関連文献調査整理

木質バイオマスを原料とする SAF の今後の需要や供給等を推計するにあたっては、広く SAF に関連する文献を調査することが有益と考えられる。このため本章では、世界的な SAF の中長期的な需要の推計やコスト動向、SAF の製造技術等を踏まえ、特に木質バイオマスの観点から、SAF 原料となる木質バイオマスの供給量、木質バイオマスから SAF への転換率、SAF のライフサイクル GHG 排出量等に関する文献を抜粋し、整理することとした。

ただし、SAF 関連文献の多くが、2030 年頃までの比較的近い将来までを検討対象としている。このため、SAF の原料・製造技術は、現行世代（廃食油・HEFA 等）を対象とするものが多く、具体的に木質バイオマス原料を定量的に評価する文献は少数であることに留意願いたい。また、文献により単位が様々であるが、本章では原文のまま記載しており、特に必要な場合を除いて換算は省略していることをご容赦願いたい。

■ IATA 「Global Feedstock Assessment for SAF Production Outlook to 2050」

IATA 「Global Feedstock Assessment for SAF Production Outlook to 2050」(2025 年 9 月)によれば、世界のバイオマスの供給ポテンシャルのうち、SAF 原料となるポテンシャルは 2030 年時点で 12.3 億 t、2050 年時点で 15.8 億 t と推計されている。このうち木質バイオマスは、2030 年に全体の 17%・2.1 億 t、2050 年に 16%・2.5 億 t と予測されている。この他に、MSW（都市固形廃棄物）から同程度の量が予測されており、MSW には一定程度、建築廃材等の木質バイオマスも含まれると考えられる。

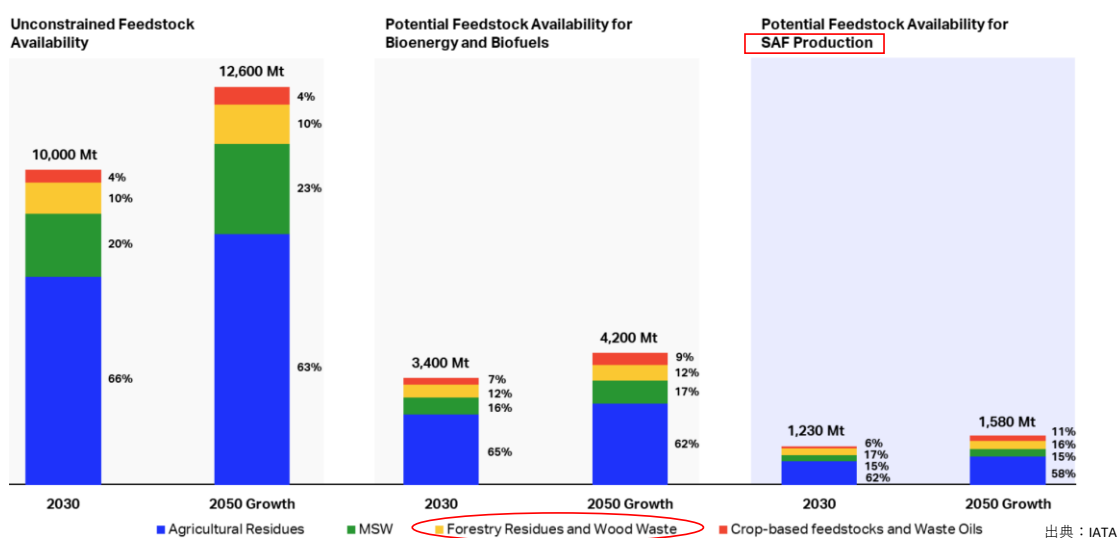


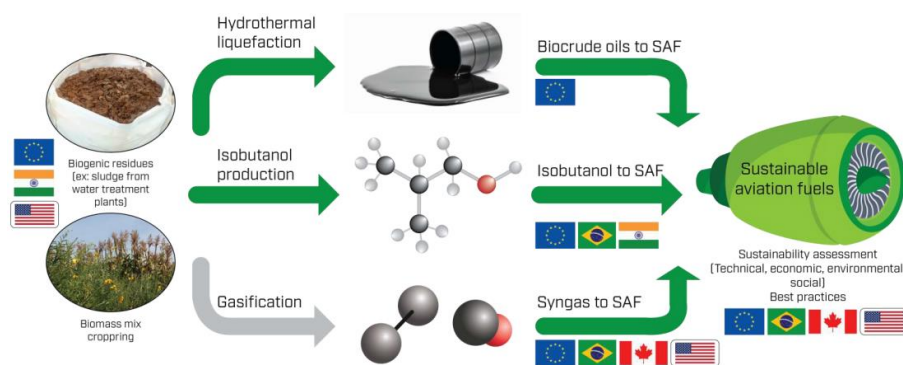
図 5-1 SAF 原料となるバイオマスの供給ポテンシャル（世界）

■ 「ICARUS プロジェクト」からの文献整理

「ICARUS – International Cooperation for Sustainable Aviation Biofuels」とは、欧州を中心とした国際的な SAF 技術開発プロジェクト（2023 年からの 3 年間）であり、特に、バイオマスを起点とした 3 つのパスウェイ（製造技術）に焦点を当てている。3 つのパスウェイとは、

- ① 「水熱液化法（Hydrothermal liquefaction, HTL）」によるバイオ原油
- ② リグノセルロースを原料とするイソブタノール・・・ ASTM/D7566 Annex A5
- ③ バイオマスを原料とする「ガス化・FT 合成」・・・ ASTM/D7566 Annex A1

である。



出典：ICARUS

図 5-2 ICARUS プロジェクトの全体イメージ

本節では、ICARUS 報告書の一つである「Economic analysis of selected SAF options」（2025 年 3 月）調査結果から、木質バイオマスを原料とする研究を抜粋した。

まず①「バイオ原油」をパスウェイとする調査について、「バイオ原油」から SAF へのエネルギー転換効率（Biomass-to-fuel efficiency：BtFE）及び総コストが表 5-1、図 5-3 である。（※Tzanetis の*は、SAF が最終製品ではない）

表 5-1 パスウェイ①「バイオ原油」から SAF への BtFE 及び総コスト

原料	BtFE	CAPEX EUR2024/GJ	OPEX EUR2024/GJ	Costs EUR2024/GJ	出典
Forestry residues	36%	9	18	26	(Jong 2018)
Timber residue + Glycerol	NA			43	(Pedersen et al. 2018)
Residual wood	65%			33	(Tzanetis et al. 2017)
Residual wood	75%			21 (*)	(Tzanetis et al. 2017)
Forestry residues	28%	22	27	50	(Magdeldin et al. 2017)
Forestry residues	50%	17	16	33	(Capaz 2021)
Forestry residues	NA			33	(Zhu et al. 2014)
Forestry residues	NA	4	24	28	(Nie and Bi 2018)
Forestry residues	69%			27	(Hansen et al. 2019)

出典：ICARUS

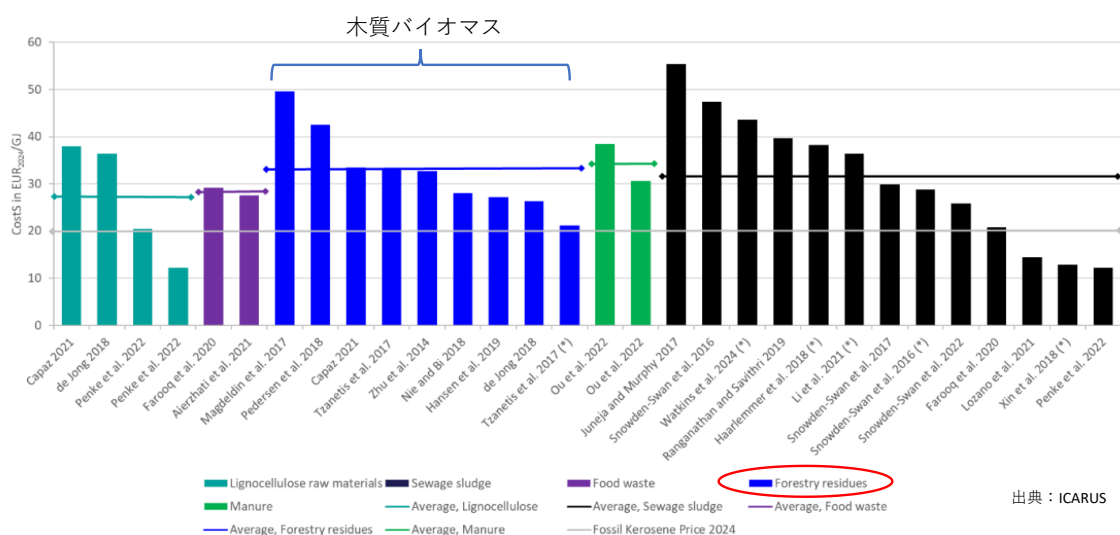


図 5-3 パスウェイ①「バイオ原油」から SAF への BtFE 及び総コスト

パスウェイ②「イソブタノール/エタノール」から SAF への BtFE 及び総コストは表 5-2 のとおりである。(下記 2 件は、いずれも第 2 世代バイオエタノール経由)

表 5-2 パスウェイ②「イソブタノール/エタノール」から SAF への BtFE 及び総コスト

原料	BtFE	CAPEX EUR2024/GJ	OPEX EUR2024/GJ	Costs EUR2024/GJ	出典
Forestry residues		12	42	54	(Brandt et al. 2020)
Forestry residues	52%	15	27	42	(Capaz 2021)

出典：ICARUS

パスウェイ③ガス化 FT 合成方式 SAF の原料コストは表 5-3 のとおりである。

表 5-3 パスウェイ③ガス化 FT 合成方式 SAF の原料コスト

原料	地域	基準年	原料価格 (出典原文)	原料価格 EUR/t	出典
Forestry residues	US Centric	2022	40.00 \$	37.98	(Ahire et al. 2024)
Forestry residues	EU	2013	95.00 €	95.00	(Jong et al. 2015)
Forest residues	EU	2019	42.23 €	42.23	(Dietrich et al. 2024)
Forestry residues - wood pellets	EU	2020	42.23 €	42.23	(Habermeier et al. 2024)
Woody biomass	US Centric	2014	95.60 \$	71.95	(Diederichs et al. 2016)
Forest residues	US Centric	2017	90.00 \$	79.67	(Michailos and Bridgwater 2019)
Dry waste wood	US Centric	2020	50.00 \$	43.77	(Kargbo et al. 2022)
Forest residues	US Centric	2011	95.54 \$	68.69	(Wang et al. 2021)

出典：ICARUS

■ Air Transport Action Group 「WAYPOINT 2050」

Air Transport Action Group (AGAT) による「WAYPOINT 2050」(第 2 版 2021 年 9 月) 報告書において、原料供給面から見た木質バイオマス SAF (ニート SAF) の世界の供給ポテンシャルは 51.7Mt と報告されている。

また同報告書では、2025~2050 年の原料/製造技術別 SAF コスト (\$/t) が示されている。ただし、このグラフの SAF コストとは、炭素削減価値 (2030 年：\$100/t、2050 年：\$200/t) を加味したネットコストを意味する。グラフ内のグレーの帯は 2000 年~2019 年のジェット燃料価格の実績 (\$314/t ~\$1,415/t) の幅を示している。つまり、一定の炭素削減価値・炭素価格を考慮する場合、多くの SAF は長期的にはジェット燃料価格と遜色のないコスト水準になると考えられる。

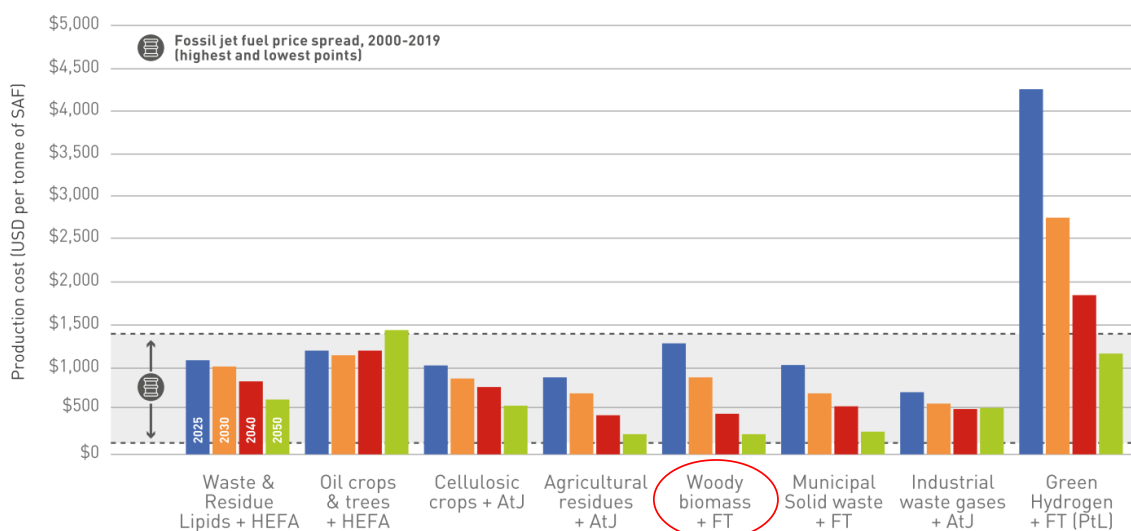
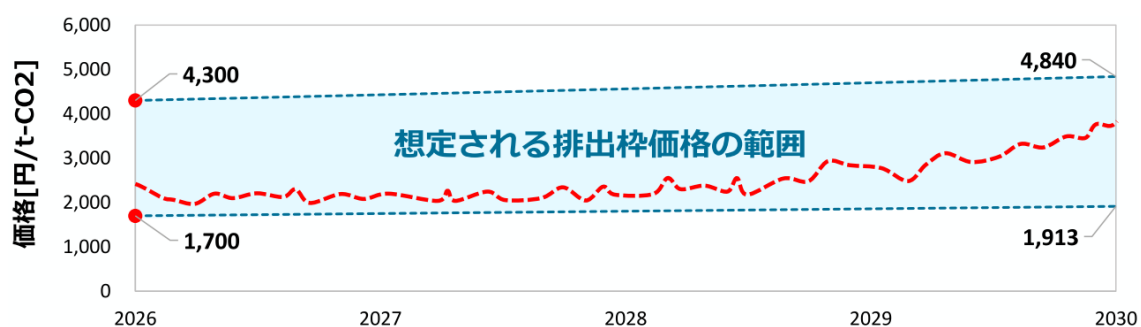


図 5-4 2025～2050 年の原料／製造技術別 SAF コスト

ここでは、このような炭素削減価値、すなわち炭素価格が妥当な水準であるか確認を行った。日本では、直接排出量 10 万 t 以上の事業者に参加を義務付ける排出量取引制度（GX-ETS 第 2 フェーズ）が 2026 年度から開始される。GX-ETS 第 2 フェーズでは排出枠価格に上下限価格が設けられており、2026 年度の下限価格 1,700 円/t・上限価格 4,300 円/t から、毎年度 3%（+物価上昇率）の引き上げが予定されている。これは、義務的制度開始当初における激変緩和の観点から、低めの価格水準に設定したものと考えられる。



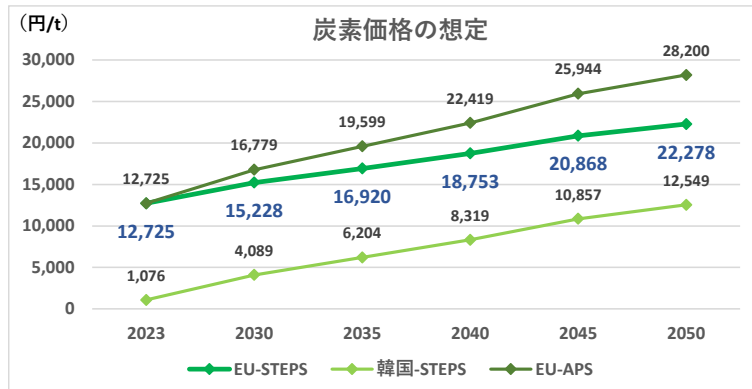
出典：排出量取引制度小委員会

図 5-5 GX-ETS 第 2 フェーズ排出枠の上下限価格

また、「第 7 次エネルギー基本計画」における想定炭素価格は図 5-6 のとおりである。これは、EU-ETS の 2023 年平均価格（12,725 円/t-CO₂）を起点として、IEA「World Energy Outlook 2024」における EU の公表政策シナリオ（STEPS）を基本シナリオ（為替レートは 141 円/\$）としており、上限として EU の表明公約シナリオ（APS）、下限として韓国の STEPS を使用している。

この炭素価格は単なるお題目ではなく、すでに電力広域系統整備等の費用便益分析及びその事業開始判断にも使用されており、日本の排出量取引制度においても、炭素価格は次第にこの水準に近づくものと考えられる。

よって、WAYPOINT 2050 が想定する炭素価格は、今後の日本においても妥当な水準と考えられる。



出典：基本政策分科会から事務局作成

図 5-6 第 7 次エネルギー基本計画における想定炭素価格

■ 木質バイオマス SAF のライフサイクル GHG 排出量

ALIGHT Consortium による「D3.3 Report on environmental and operational benefits of SAF」(2023 年 2 月) では、木質バイオマス SAF のライフサイクル GHG 排出量を以下のように報告している。(同報告書では、森林残渣・ATJ 方式のグラフも掲載されているが、数値が読み取れないため省略する)

図 5-7 は「森林残渣・ガス化 FT 合成方式」SAF のライフサイクル GHG 排出量をグラフ化したものである。基本ケース(A)における排出量は 5.1g-CO₂e/MJ であるが、原料集荷距離、SAF 輸送距離の増加に伴い、GHG 排出量が増加するという感度分析が示されている。

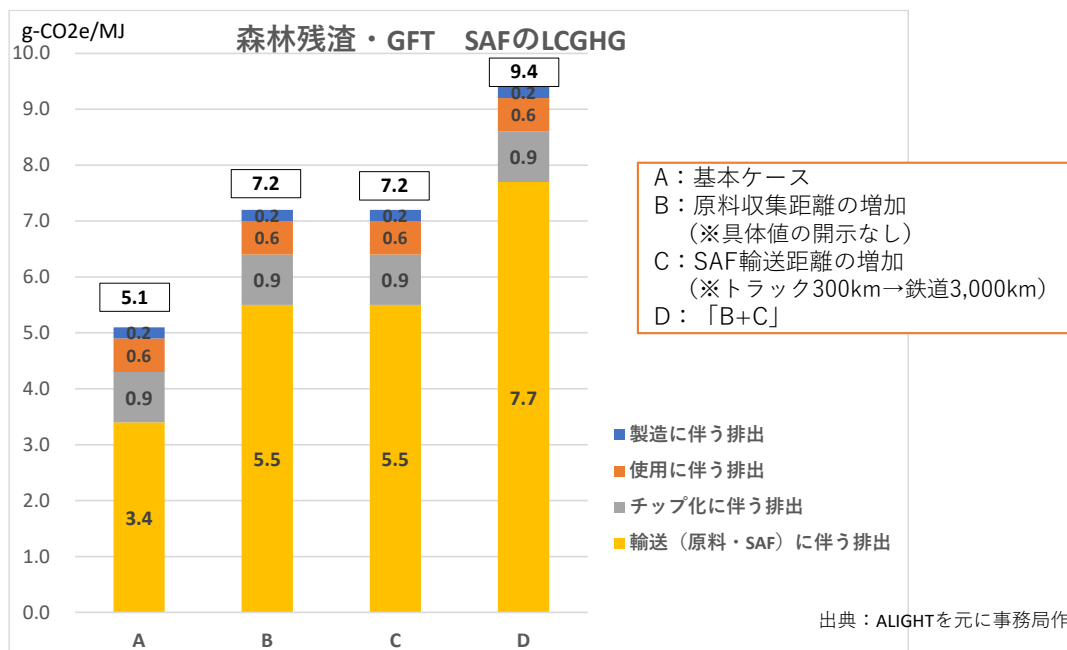
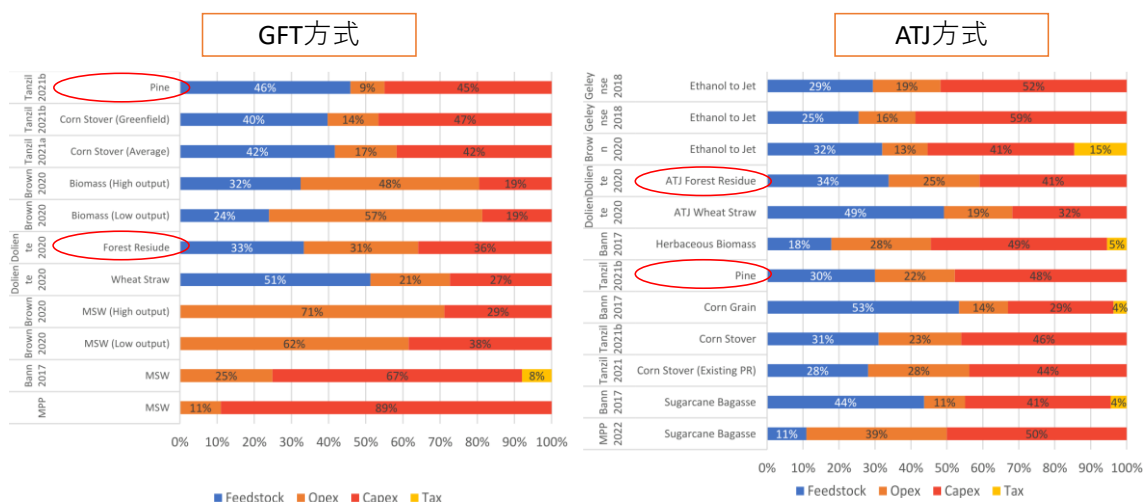


図 5-7 森林残渣・ガス化 FT 合成方式 SAF のライフサイクル GHG 排出量

また同報告書では、原料/技術別 SAF 製造費の内訳を図 5-8 のように示している。



出典：ALIGHT

図 5-8 原料/技術別 SAF 製造費の内訳

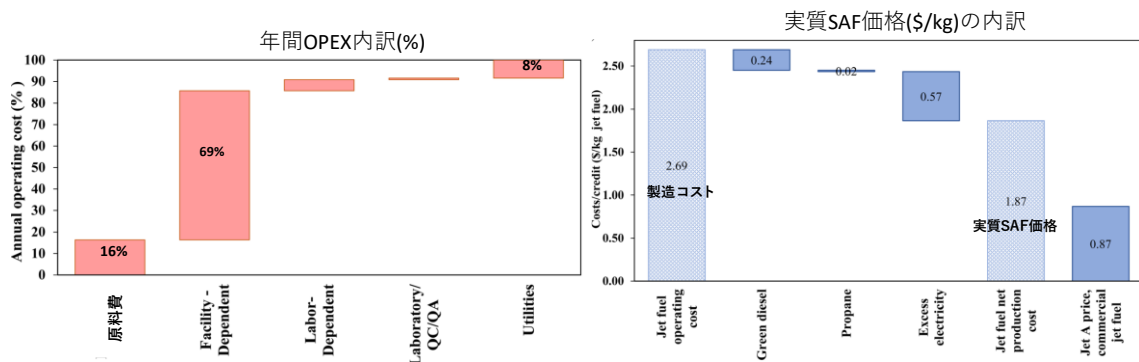
■ ガス化 FT 合成 SAF (米国) コスト・GHG 試算例

論文「Techno-economic and environmental impacts assessments of sustainable aviation fuel production from forest residues」(2024年8月)では、木質バイオマスを原料とした米国におけるガス化 FT 合成 (GFT) 方式の SAF コスト及び GHG 排出量を報告している。

試算の前提条件は以下のとおりである。

◆ GFT による 90t/日の SAF 製造プラントを想定

- ・ 木質バイオマス原料 (森林残渣、水分 30%、\$40/t) : 960t/日
受入原料を 12mm 以下に粉砕、水分 10% に乾燥
- ・ 実質 SAF 価格 : \$1.87/kg (\$1.44/L) … 製造コスト \$2.69/kg から副産物収入を控除
- ・ GHG 排出量 : 24.6g-CO₂e/MJ
- ・ CAPEX \$422M (直接費 \$296M、間接費 \$74M、その他 \$52M)
- ・ OPEX \$79M/年 (うち、原料費 16%・\$12.6M)
- ・ 転換率 : 9.4%



出典：上記論文

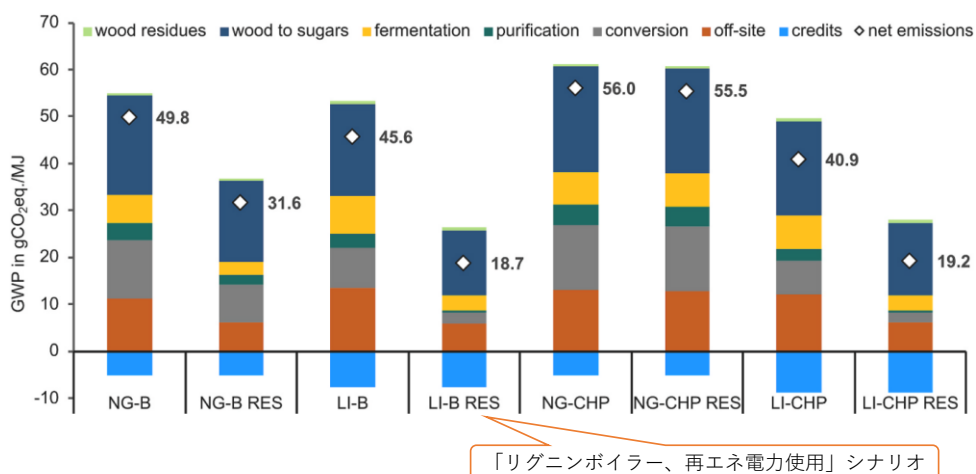
図 5-9 GFT 方式の木質 SAF コスト及び GHG 排出量

■ ATJ 方式 SAF (欧州) GHG 排出量試算例

論文「Biorefinery development for the conversion of softwood residues into sustainable aviation fuel」(2022年12月)では、木質バイオマスを原料としたATJ(イソブテン経由)方式によるSAF製造におけるGHG排出量を報告している。

原料は製材残渣(広葉樹おが粉、輸送距離50km)であり、13.74BDtの原料からSAF1tを製造する。

燃料や使用電力の違いによる複数のシナリオごとのGHG排出量を算出しており、シナリオの違いによりGHG排出量は18.7~56.0g-CO₂e/MJと大きな幅を持つ。リグニンを燃料とするボイラーを使用し、再エネ電力を使用するシナリオが最も低いGHG排出量であると報告されている。



出典：上記論文

図 5-10 シナリオ別 GHG 排出量

■ GFT・HTL 方式 SAF (オランダ) コスト試算例

論文「2050 Outlook for Forestry Residue-Based SAF in the Netherlands」(2025年8月)では、木質バイオマスを原料とした SAF 製造のうち、ガス化 FT 合成 (GFT) と水熱液化化 (HTL) によるコストを報告している。同研究では、CO₂ を回収するケース/しないケースの分析が行われているが、ここでは CO₂ 回収考慮ケースの数値を報告する。

前提とするプラント規模は、いわゆる Nth-of-a-kind plant と呼ばれる普及期を想定し、原料は森林残渣を 2,000t/日使用する。

■ プロセスパフォーマンス指標

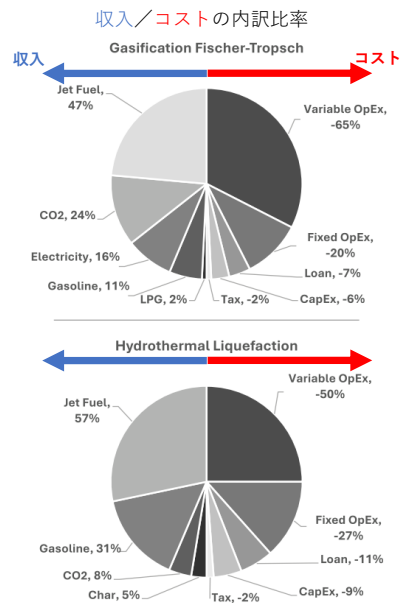
マスフロー (t/h)	GFT		HTL	
	マスフロー	収率	マスフロー	収率
原料	82.1	100%	82.1	100%
製品 SAF	10.2	12.5%	15.0	18.3%
ガソリン	3.6	4.3%	8.3	10.1%
LPG	0.3	0.3%	-	-
バイオチャー	-	-	7.1	8.6%
CO ₂	104.6	127.4%	27.8	33.9%

■ コスト内訳 (€M)

	GFT	HTL
固定費	37.2	44.9
変動費	134.0	87.4
うち原料費	37.3	37.3
総投資資本 (TCI)	230.0	303.4

■ 最低販売価格 (€/L)

	GFT	HTL
CO ₂ 回収考慮	1.49	1.03
CO ₂ 回収なし	1.87	1.10



出典：上記論文

図 5-11 木質 SAF GFT 方式と HTL 方式の比較

■ SAF の総設備投資額・販売価格の見通し

IEA Bioenergy Task 39 の「Progress in Commercialization of Biojet /Sustainable Aviation Fuels (SAF)」(2024年1月)では、様々な原料や製造技術ごとの SAF の総設備投資額・販売価格を報告している。

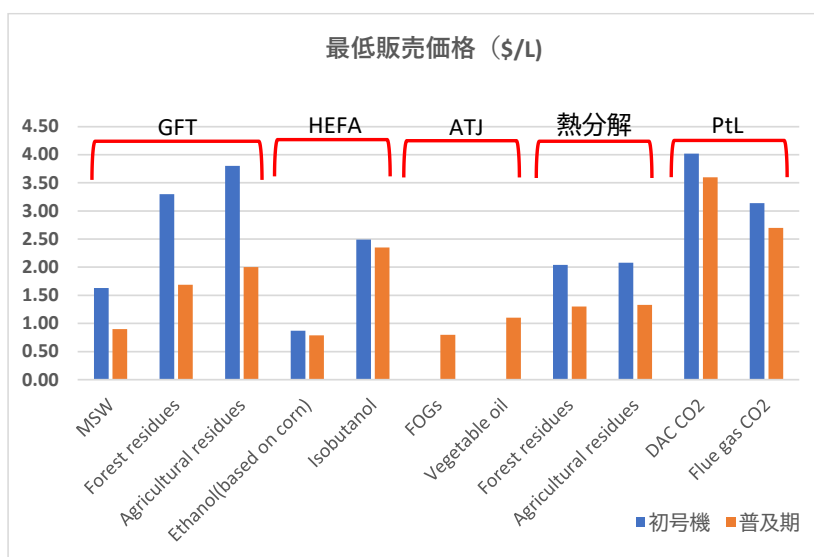
※GFT：ガス化 FT 合成、Pyrolysis：熱分解法、PtL：合成燃料

表 5-4 原料/製造技術別 SAF の総設備投資額・販売価格の見通し

製造技術	原料	原料費 (\$/t)	収率	製品比率(ジェット:ディーゼル:ガソリン:他)	総設備投資額(TCI) (百万\$)		最低販売価格 (\$/L)	
					初号機	普及期	初号機	普及期
GFT	MSW	30	0.31	40:40:20	2,944	1,428	1.63	0.90
GFT	Forest residues	125	0.18		2,489	1,207	3.30	1.69
GFT	Agricultural residues	110	0.14		2,317	1,124	3.80	2.00
ATJ	Ethanol(based on corn)	456	0.60	70:00:30	662	316	0.87	0.79
ATJ	Isobutanol	1,110	0.75		1,350	650	2.49	2.35
HEFA	FOGs	580	0.83	55:26:19	普及	448	普及	0.80
HEFA	Vegetable oil	810	0.83			456		1.10
Pyrolysis	Forest residues	125	0.28	44:28:16:12	795	384	2.04	1.30
Pyrolysis	Agricultural residues	110	0.27		795	384	2.08	1.33
PtL	DAC CO2	300	0.24	40:40:20	2,266	1,313	4.02	3.60
PtL	Flue gas CO2	50	0.24		2,156	1,249	3.14	2.70

出典：IEA Bioenergy Task 39 を一部改変

表 5-4 のうち、SAF の販売価格をグラフ化したものが図 5-12 である。



出典：IEA Bioenergy Task 39

図 5-12 製造技術別 SAF の販売価格

6. 木材/木質バイオマスを原料とする家畜飼料

木材/木質バイオマスを原料として、家畜飼料を製造することが可能であり、すでに一定量が供給・利用されている。本章では代表的な木質由来家畜飼料の概要を調査するとともに、木質飼料の製造に要する原料（木材/木質バイオマス）の消費量を試算した。

6.1. 木質由来家畜飼料の状況

現時点（2024年2月）、国内の家畜飼養頭数は、乳用牛が131万頭、肉用牛が267万頭、豚が880万頭である。

我が国の家畜飼料供給量は2023年度時点で23,693千TDNトンである。TDN（Total Digestible Nutrients）とは、家畜が消化できる養分の総量であり、カロリーに近い概念である。（1TDNkg \div 4.41Mcal）

飼料は、牧草等の「粗飼料」とトウモロコシ等の「濃厚飼料」に大別されるが、それらの比率は粗飼料が20%、濃厚飼料が80%（TDNベース）となっている。

- －粗飼料：乾草、サイレージ（牧草、青刈りとうもろこし等）、稲わら等
- －濃厚飼料：とうもろこし、エコフィード、ふすま、大豆油かす等

牛（乳牛・肉牛）を給餌対象とする場合、濃厚飼料は栄養・エネルギー取得を主目的として、粗飼料は牛の反芻・ルーメン（牛の第一胃）への物理的刺激を主目的とするなど、異なる機能を果たす飼料として両方のタイプが必要とされる。

現在、飼料の自給率（TDNベース）は、粗飼料が80%、濃厚飼料が13%である。近年は世界的な家畜飼育数の増加や円安等の影響もあり、飼料価格は上昇傾向にある。飼料費が畜産経営コストに占める割合は高く、粗飼料の給与が多い牛で4～6割、濃厚飼料中心の豚・鶏で6～7割に上る。このため、飼料費の抑制や国内での安定供給、自給率向上等の観点から、新たな飼料原料が求められており、国内で豊富な資源を有する木材/木質バイオマスが注目されている。

木材の4～5割を構成する多糖類である「セルロース」そのものは適切に吸収されれば家畜の栄養となるが、木材のセルロースはリグニンに覆われているため、そのまま給餌したとしても家畜が消化できるセルロースは限定的である。何らかの方法でリグニンを取り除くことにより、家畜が消化しやすいセルロースとして給餌することが可能となる。

現時点国内では、主に牛（乳牛・肉牛）を対象として、濃厚飼料タイプ、粗飼料タイプの2つのタイプの木質由来家畜飼料が実用化されている。当協会では、これらの商品についてヒアリング調査を行った。

6.2. パルプ由来家畜飼料 – 商品例：「元気森森（日本製紙）」

先述のとおり、木材に多く含まれるセルロースを家畜が栄養として吸収するには、あらかじめセルロースを覆うリグニンを除去する必要がある。

SAF やバイオエタノールの製造に関する第3章で報告したとおり、現在、製紙・パルプ工場では、紙の製造を目的としてクラフトパルプ法等によるリグニン除去が、すでに量産技術として確立されている。このため、リグニン除去済みのパルプを飼料の原料とすることは合理的である。

このような観点から商品開発されたパルプ由来の家畜飼料が、日本製紙株式会社による「元気森森」（登録商標。以下省略）である。

「元気森森」は、クラフトパルプを原料とした高純度セルロース飼料であり、TDN は 95% と公表されている。同商品は牛の「栄養」となることを大前提として開発されており、後述する蒸煮木質飼料等とは異なるカテゴリーの商品として位置付けられている。

また、緩やかな消化速度で 100% 近く消化され、ルーメン（牛の第一胃）内の pH 変動抑制、ルーメン内毒素のエンドトキシン活性を約 50% 低減させると報告されている。つまり同商品は、濃厚飼料（エネルギーが多く取れる）と粗飼料（消化が緩やか）双方の特長を併せ持つ優れた商品であると言える。

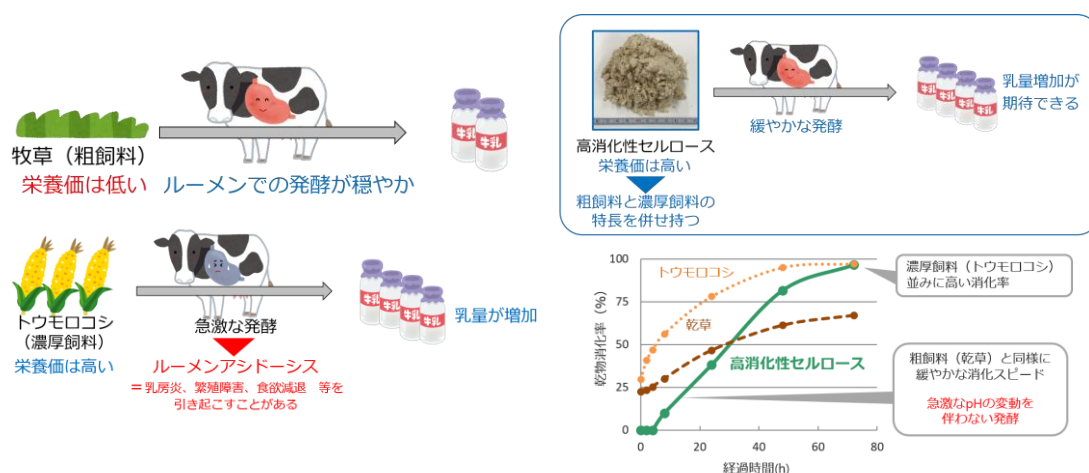


図 6-1 元気森森の主な商品特長

近年の牧草はカリウム過多であり、牛がカルシウム・マグネシウム欠乏症に陥る原因となっているが、元々カリウムの少ない木材を原料とする元気森森は、イオンバランスが取りやすいことが利点とされている。また、木材にビタミン A が少ないことは、肥育牛の肉にサシが入りやすく肉質向上に資する利点とされている。

消化率の高い繊維という特長により、他のどのような飼料の代替（置き換え）も可能であるが、あくまで部分的（給餌量全体の5～10%）な置き換えが想定されている。他方、畜産農家の経営課題次第では、「置き換え」ではなく従来飼料への「上乘せ」という使い方もできる。

日本製紙による元気森森の生産量は2,500トン（2025年度計画）であり、将来的には1工場あたり数万トン規模まで拡大し、2～3工場で合計10万トン超の生産量とする構想もあるとのことである。

元気森森の製造工程はほぼパルプ製造と同様（飼料としての安全性確保が前提）であり、同商品の生産量拡大に向けては、既存設備の改修により対応可能とのことである。また、木材から元気森森への収率は、パルプへの収率と同水準（約50%）とされている。

同商品の価格は一般公開されていない。ただし、同社へのヒアリングによれば、重量当たりの単価は既存飼料と比較して高価であるが、繊維飼料としてエネルギー当たりで見ると問題とならない価格水準に到達しているとのことである。同商品を5～10%置き換え（又は上乘せ）することにより、乳牛の乳量増加や肉牛の肉質向上等を通じて、酪農・畜産農家は経済的なメリットを享受できる価格水準とのことである。

つまり、同商品を使用することが酪農・畜産農家経営の上で、すでに経済合理的であり、価格そのものは普及の大きな障害ではないと言えるが、全く新しいタイプの飼料であるため、酪農・畜産農家に対する普及啓発が最大の課題とされている。

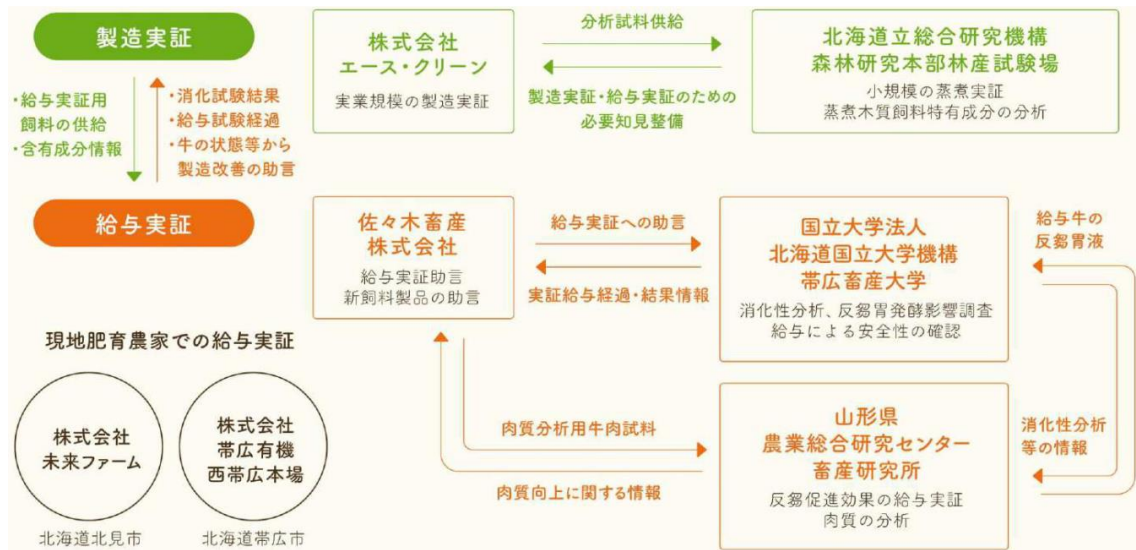
元気森森等のパルプ由来飼料の普及拡大は、林業・木質バイオマスの新たな需要確保の観点から重要であるだけでなく、日本の酪農・畜産の経営環境改善の観点からも重要であると考えられるため、速やかな普及が期待される。

6.3. 「蒸煮」タイプの木質家畜飼料の開発

木材/木質バイオマスを家畜飼料の原料とする、もう一つの代表的な製造技術が「蒸煮」である。木質チップを高温高圧の蒸気により「蒸煮」することにより、木材のリグニンが一部破壊され、部分的にセルロースの消化が可能となる。

蒸煮は1980年代に、北海道立総合研究機構等により盛んに研究され、一定の成果が得られたが、コスト等の課題も多く、大きな普及には至らなかった。

2014年に北海道北見市の株式会社エース・クリーンが、蒸煮技術の研究開発や実証を開始し、北海道立総合研究機構や帯広畜産大学等の協力を得て、2016年に新たな蒸煮木質飼料が商品化された。現在、エース・クリーン社では、年間3,500トンの蒸煮木質飼料を生産し、畜産農家150軒以上に対して販売している。



出典：エース・クリーン

図 6-2 蒸煮木質飼料生産・利用協議会の全体像

なお、北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場では、蒸煮タイプ木質飼料製造事業への参入環境整備の一つとして、事業性簡易評価ツール「木質飼料コストシミュレーター」(Excel ファイル) を 2021 年に開発した。利用を希望する事業者は、林産試験場の利用承諾を得たのち、無償で本ツールを使用可能である。

表 6-1 木質飼料コストシミュレーターによる試算例

		n年目	稼働前	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
売上高	樹種	シラカンパ	千円/年	281,909	281,909	281,909	281,909	281,909	281,909	281,909	281,909	281,909	281,909	281,909	
		カラマツ	千円/年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		トドマツ	千円/年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		ヤナギ	千円/年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
合計		千円/年	281,909	281,909	281,909	281,909	281,909	281,909	281,909	281,909	281,909	281,909	281,909		
製造経費	固定費	減価償却費	建物	千円/年	5,265	5,265	5,265	5,265	5,265	5,265	5,265	5,265	5,265	5,265	
		製造設備	千円/年	38,695	38,695	38,695	38,695	38,695	38,695	38,695	38,695	38,695	38,695	38,694	
		電気・給排水設備	千円/年	1,775	1,775	1,775	1,775	1,775	1,775	1,775	1,775	1,775	1,775	1,775	
		車両	千円/年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		固定資産税	建物	千円/年	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	
		土地	千円/年	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
		償却資産税	製造設備	千円/年	4,740	4,740	4,740	4,740	4,740	4,740	4,740	4,740	4,740	4,740	
		電気・給排水設備	千円/年	344	344	344	344	344	344	344	344	344	344	344	
		車両	千円/年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		人件費	千円/年	38,400	38,400	38,400	38,400	38,400	38,400	38,400	38,400	38,400	38,400	38,400	
		賃借料	千円/年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		車両租税	千円/年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		修繕・消耗費	千円/年	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	
		設備点検費	千円/年	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	
		保険料	千円/年	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	
		変動費	チップ費	シラカンパ	千円/年	79,491	79,491	79,491	79,491	79,491	79,491	79,491	79,491	79,491	79,491
カラマツ	千円/年			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
トドマツ	千円/年			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ヤナギ	千円/年			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
電力費	基本料金			千円/年	1,210	1,210	1,210	1,210	1,210	1,210	1,210	1,210	1,210	1,210	
従量料金	千円/年			7,418	7,418	7,418	7,418	7,418	7,418	7,418	7,418	7,418	7,418	7,418	
燃料費	ボイラー燃料			千円/年	20,929	20,929	20,929	20,929	20,929	20,929	20,929	20,929	20,929	20,929	
梱包材料費	15 kg詰めPP袋			千円/年	10,075	10,075	10,075	10,075	10,075	10,075	10,075	10,075	10,075	10,075	
400 kg詰めフレコン	千円/年			11,325	11,325	11,325	11,325	11,325	11,325	11,325	11,325	11,325	11,325		
水道費	千円/年			833	833	833	833	833	833	833	833	833	833	833	
合計	千円/年			244,783	243,549	242,618	241,896	241,365	240,964	240,641	240,410	240,236	240,082	201,287	
売上総利益	千円/年			37,126	38,360	39,291	40,013	40,544	40,945	41,268	41,499	41,673	41,828	80,623	
販売・管理費	人件費			千円/年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
その他	千円/年			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
合計	千円/年			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
営業利益	千円/年			37,126	38,360	39,291	40,013	40,544	40,945	41,268	41,499	41,673	41,828	80,623	
営業外損益	収益	千円/年	6,522	5,879	5,226	4,565	3,894	3,213	2,523	1,823	1,113	394			
費用	支払利息	千円/年	30,604	32,481	34,065	35,449	36,651	37,732	38,746	39,676	40,560	41,434			
税引前当期利益	千円/年	10,344	10,979	11,514	11,982	12,388	12,754	13,096	13,411	13,709	14,005	27,250			
法人税等額	千円/年	20,260	21,503	22,551	23,467	24,263	24,979	25,650	26,266	26,851	27,429	53,372			
当期利益	千円/年	-608,450	82,861	84,095	85,026	85,748	86,279	86,680	87,003	87,234	87,408	87,562			
キャッシュフロー	元利償還前税引前CFn	千円/年	-542,456	-475,218	-406,932	-337,730	-267,732	-197,019	-125,634	-53,633	18,953	92,116			
税引後累積CFn	千円/年	39.9	39.7	39.6	39.5	39.4	39.3	39.3	39.2	39.2	39.2	32.8			
製造原価	千円/t	13.2	13.6	13.9	14.2	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.8	28.6			
各種利益率	売上高総利益率	%	13.2	13.6	13.9	14.2	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	28.6			
売上高営業利益率	%	13.2	13.6	13.9	14.2	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.8	28.6			
売上高税引前当期利益率	%	10.9	11.5	12.1	12.6	13.0	13.4	13.7	14.1	14.4	14.7	28.6			
本質原料の製造原価 (10年平均)	39.4	千円/t													
各種利益率	売上高総利益率	14.3	%												
(10年平均)	売上高営業利益率	14.3	%												
	売上高税引前当期利益率	13.0	%												
税引前IRR (10年間)	6.8	%													
投資回収期間	9	年													

◆原料投入量・単価、蒸煮装置の容量・回転数、その他設備費、生産日数、運搬・製造・人件費、電力費等を入力し、年間生産量、製造原価等を算出。

◆販売単価等を入力し、営業利益率、IRR・投資回収期間等を算出。

出典：木質飼料コストシミュレーター

6.4. エース・クリーン社 蒸煮木質飼料「キャトルエース」の概要

1980年代の蒸煮木質飼料は、カロリー／TDN（可消化養分総量）の取得を主目的に開発されたが、現在は、酪農・畜産の経営環境の変化を踏まえ、エース・クリーン社の「キャトルエース」は繊維量の多い粗飼料（かつ低カリウム）として、反芻・ルーメンへの物理的刺戟を主目的として開発された製品である。

飼料中の繊維が多いことにより、酪農では乳脂肪分の高い牛乳が得られる効果があり、また、牛の糞をまとめる機能や胃の中で留まらせる機能として有用である。（※念のため、繊維に関する機能は「元気森森」でも同様に得られるが、本節では省略する）

木質由来のキシロオリゴ糖は分解が緩やかであり、牛の消化管の機能を正常化させ、餌の摂取量の増加により、牛の健康向上と体重増加につながり、農家は販売収益が向上する。

キャトルエースはその香り等から牛の嗜好性が高く、一部個体を除いて原則食い慣らしが不要であることも長所である。このため、牛の健康維持に必要な藁や麦稈に混ぜて、食いつきを良くする効果もある。

以上より、キャトルエースそのものの TDN は低い（乾物中 49%）が、牛の健康向上や飼料摂取量増加により、飼料効率の向上、牛の体重増加といった効果が得られるため、結果として酪農・畜産農家の収益改善につながる商品とされている。

キャトルエースの現在の主な原料はシラカバ（樹皮あり）であるが、一部異なる樹種も使用している。原料が多様であると、それを分解する菌叢（牛の腸内フローラ）も多様となり、牛の健康に寄与する。蒸煮木質飼料において樹種はどのようなものでも利用可能であるが、蒸煮後に硬くなる樹種（針葉樹）の食いつきは良くないと報告されている。よって、樹種として一定の性能は必要であるが、農家の経営の観点では、餌として安いことが最も重要とされるため、他の地域では他の樹種を原料とすることが想定されている。現在の販売先では、近年価格が高騰している「発酵バガス」からの置き換えというケースが多いと報告されている。

同社の蒸煮工程では、木材のリグニン「除去」には至らず、牛の腸内の微生物がセルロースにアプローチできるように、リグニンに穴を開けるイメージと言われている。同社パンフレットでは、キャトルエースが木質由来であることがイメージしやすいようチップ・粒状の写真が使用されているが、実際の製品はほぼパウダー状である。絶乾原木から製品（キャトルエース）への収率は 98%程度である。

6.5. 木質由来家畜飼料の需要ポテンシャルの推計

本節では、すでに一定規模の量産化が行われている、バルプタイプと蒸煮タイプの木質飼料を想定した需要ポテンシャルを推計する。

これらの木質飼料が対象とする家畜種類は、原則、牛（乳牛・肉牛）、羊、ヤギ等の反芻動物である。なお、食物繊維としての機能のみであれば、反芻動物以外にも適用可能であるが、本節の試算では牛（乳牛・肉牛）のみを給餌対象とする。現時点、国内で牛は約 400 万頭飼育されている。またここでは飼料全体として、肉牛は 1 日 10kg 程度、乳牛は 1 日 23kg 程度を給餌すると仮定する。

木質飼料製造各社が定める、木質飼料給与量の目安はそれぞれ図 6-3 のとおりである。



出典：左図：日本製紙、右図：エース・クリーン

図 6-3 木質飼料の給与量の目安

まず、パルプ由来飼料「元気森森」については、給餌量全体の5～10%（単純化して1日1kg）を置き換えると想定する場合、同木質飼料の需要ポテンシャルは年間146万トン程度と試算される。元気森森は木材から製品への転換率は約50%であることから、木材需要はその2倍程度、292万トン/年と試算される。

次に、蒸煮木質飼料「キャトルエース」については、給餌量全体の5%（加重平均し、1日660g）と想定する場合、同木質飼料の需要ポテンシャルは年間97万トン程度と試算される。キャトルエースは木材から製品への転換率は約98%であることから、木材需要はほぼこれと同量の97万トン/年と試算される。

ヒアリング調査により、両者は異なるタイプの商品であるため、両方を異なる目的で牛に与えることも可能とのことである。繊維飼料という機能は両商品で重複すると考えられるため、すべての酪農・畜産農家が両方を最大限に使用するとは想定し難いが、需要ポテンシャル把握の観点から、ここでは両タイプを単純に合計することとした。

この場合、国内の木質飼料の需要合計は、約243万トン/年、これを製造するために必要となる木材需要は389万BDt/年（856万m³/年）と試算された。

表 6-2 木質飼料の需要ポテンシャルと木材需要

木質飼料タイプ	需要ポテンシャル (万t/年)	木材需要	
		(万BDt/年)	(万m ³ /年)
パルプ由来飼料	146	292	642
蒸煮木質飼料	97	97	213
合計	243	389	856

7. 木材を原料とする CNF（セルロースナノファイバー）

木材/木質バイオマスを原料とした高機能な材料であるセルロースナノファイバー（CNF）は幅広い分野で次第に供給量を拡大している。本章では CNF の代表的用途の概要を調査するとともに、CNF の製造に要する原料（木材/木質バイオマス）の消費量を試算した。

7.1. CNF（セルロースナノファイバー）の概要

CNF（セルロースナノファイバー）とは、木材に含まれるセルロースを化学的・機械的に処理してナノサイズ（100 万分の 1mm）まで細かく解きほぐした極細繊維状物質の総称である。CNF は、

- 軽量・高強度（鋼鉄の 5 分の 1 の軽さで 5 倍の強度）
- 増粘性制御（用途に応じて適切な粘度に制御が可能）
- 低い熱膨張（石英ガラス並で電子基板等に適性）
- 高い耐候性（強化膜形成で紫外線透過抑制、変色・劣化防止）

等の優れた性質を持つ。

また、CNF の原料は木材/木質バイオマスであるため、

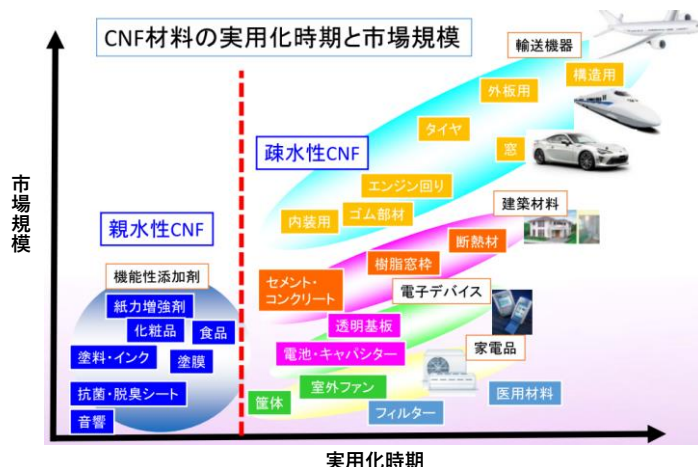
- カーボンニュートラル（燃焼時 CO₂ 排出量のカウント不要）
- 高いリサイクル性
- 国内森林資源から調達することにより、国内の森林保全・CO₂ 吸収源対策への貢献等の幅広い社会的価値を持つ。

表 7-1 CNF の代表的な特性

機械特性	化学／生物特性	光学/熱/電気特性
<ul style="list-style-type: none"> ・ 高強度性 ・ 高弾性 ・ 耐摩擦性／耐耐擦過性 ・ 弾性率安定性 ・ チキソトロピー性 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 吸着性、分子認識性 ・ ガスバリア性 ・ 保水性 ・ 撥水性 ・ 透過性 ・ 生分解性 ・ 低環境毒性 ・ 生体適合性 ・ 増粘性 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 透明性 ・ 紫外線吸収性 ・ 寸法安定性 (低線膨張率性) ・ 高熱伝導性／ 高電気伝導性

出典：CNF 利活用ガイドライン

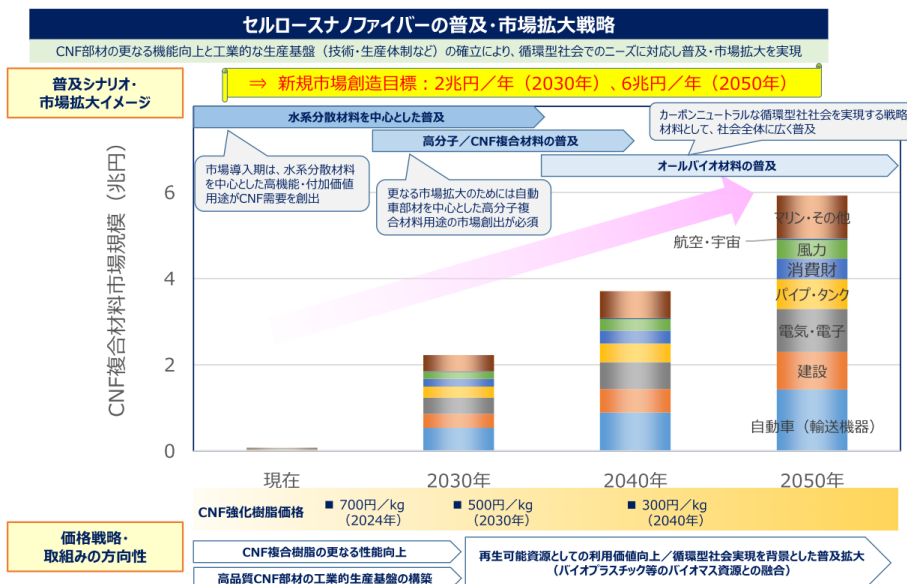
現在は、高付加価値・高単価な親水性 CNF（水系分散材料）を中心に普及が進んでいるが、今後はより市場規模の大きな電子材料や構造材料への普及が見込まれる。これにより、CNF の「量」の拡大が見込まれるが、普及に向けては大幅なコスト低減も必要とされている。



出典：CNF 利活用ガイドラインを一部修正

図 7-1 CNF 材料の実用化時期と市場規模

2019 年度 NEDO 成果報告書「セルロースナノファイバーの市場及び技術動向調査」において、CNF 複合材料の市場規模が示されたが、現時点、数年程度の遅れが見られる。



出典：NEDO

図 7-2 CNF の普及・市場拡大戦略

矢野経済研究所の調査によれば、現時点の国内各社の CNF 生産設備能力は合計で 1,220t/年と報告されている。国内には CNF の製造事業者が複数存在するが、地方独立行政法人京都市産業技術研究所が発行する「セルロースナノファイバー関連サンプル提供企業一覧（第 20 版）」では、29 社の企業が掲載されている。このうち、国内最大（おそらく世界を見渡しても最大）の生産キャパシティを持つと考えられる日本製紙の製造拠点及び各拠点の生産能力は以下のとおりである。

表 7-2 日本製紙の CNF 製造拠点

工場	生産能力	製造方法等
石巻工場	500 t /年	TEMPO 酸化法
富士工場	50 t /年	京都プロセス
江津工場	30 t /年	CM 化 CNF（粉末）
岩国工場	30 t /年	パイロットプラント

出典：日本製紙

各社の具体的な CNF 生産量は公開されていないが、矢野経済研究所報告書によると、2024 年の世界全体の生産量は 132t、出荷金額約 63 億円であり、2025 年は 221t、77 億円と予測されている。これらの生産量及び出荷金額から逆算すると、単価は 2024 年で 47,652 円/kg、2025 年で 34,796 円/kg となる。国内だけでも CNF 生産キャパは 1,220t であるのに対して、世界全体の生産量は 132t～221t であるため、現時点の設備の平均的な稼働率は非常に低いことが推察される。

CNF の代表的な製造方法及びコストは表 7-3 のとおりであり、製法の違いにより、得られる CNF 繊維径や製造コストが大きく異なる。CNF の今後のコストダウンに向けては、①まずは生産量を拡大することにより、単位あたり固定費を薄めることと、②ナノレベルまでの解繊を行うことに要する電力コストの抑制、が最も重要と言われている。

表 7-3 CNF の代表的な製造方法及びコスト

製法	繊維径	現状価格	将来の目標価格
機械解繊処理（ウォータージェット法等）	10-数 10nm	500～数万円/kg ※解繊度により異なる	300～800 円/kg
変性パルプ直接混練法（京都プロセス）	3-100nm	3,000～40,000 円/kg	500～1,000 円/kg
TEMPO 酸化	3-5nm	3,000～30,000 円/kg	1,000 円程度/kg

注：現状価格は 10～30%CNF 相当を想定。将来価格は 30%CNF 相当を想定。

出典：CNF 利活用ガイドライン

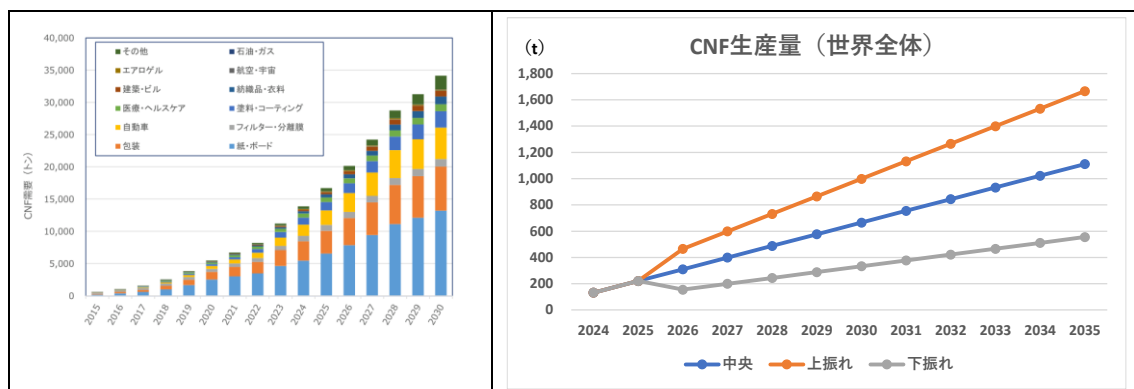
7.2. CNF の需要（生産量）の推計

2019 年度 NEDO 成果報告書「セルロースナノファイバーの市場及び技術動向調査」において、“CNF の需要は 2015 年の 2,500t から 2030 年には 34,000t まで増加”する、という当時の予測が紹介されている（図 7-3 左）。この数値は、先述した最新の調査「世界全体の CNF 生産量は、2024 年 132t、2025 年予測 221t」と乖離が大きく、2015 年以降の実際の市場規模の拡大・生産増加の遅れや、報告書間での定義の違いが原因と考えられる。

よって、本調査では過去の文献における CNF の需要（生産量）予測をそのまま使用することは適切ではないと判断し、今回の調査においては、CNF 需要を以下の前提条件を置いて推計することとした。（図 7-3 右）

- ・世界全体の CNF 生産量は、2024 年 132t、2025 年予測は 221t であることから、これを「起点」として、将来（2035 年）に向けて直線的に伸ばすことにより簡易的に推計する。ただし、2024 年から 2025 年の増加は、過去のトレンドと大きく異なるため、その増加率（67%）ではなく、増加量（89t）を直線的に伸ばすこととした。これにより、2035 年の世界全体の需要は 1,111t と推計される。
- ・あくまで簡易的な推計であり、「直線的に伸ばす」ことに確たる根拠も無いため、50%上振れしたケース、50%下振れしたケースについても推計した。このとき、中央ケース 1,111t に対して、50%上振れケースでは 1,667t、50%下振れケースでは 556t と推計される。
- ・次に、日本国内での CNF 生産量（シェア）は、世界全体生産量の 50%と仮定する。このとき 2035 年の CNF 国内生産量は、中央ケース：556t、上振れケース：833t、下振れケース：278t と推計される。国内の CNF 生産キャパは 1,220t であるため、十分に対応可能な範囲の量である。

非常に簡易かつ大胆な仮定を置いた試算であるが、絶対量として少量であるため、その推計誤差が国内木質バイオマス需要に与える影響は小さいと判断する。



出典：セルロースナノファイバーの 市場及び技術動向調査	出典：事務局試算
--------------------------------	----------

図 7-3 CNF の需要・生産量推計

次に、この国内 CNF の需要・生産量推計を基に、国内 CNF 製造に必要となる木材の量を試算する。木材に含まれるセルロースはすべて CNF に転換可能と仮定する場合、木材（針葉樹）の比重を 0.4t/m³、セルロース含有量を木材の 40%と仮定すると、CNF 1t = 木材 6.25m³ (2.84t) の原料を使用することとなる。

先述の CNF 国内生産量想定値の場合、CNF 用原料としての木材使用量は 3,472m³（上振れ 5,208m³／下振れ 1,736m³）と推計される。

さらなる「大幅上振れ」ケースとして仮に、この 10 倍の CNF が国内製造されたと仮定する場合であっても、CNF 用国内木材需要は年間数万 m³程度と推計される。

また先述の 2019 年 NEDO 報告書の 34,000t（世界）を前提として、日本のシェアを 50% とする場合、木材需要は世界で 21 万 m³、国内で 11 万 m³程度と推計される。

表 7-4 CNF 用 木質原料使用量の推計

ケース (CNF国内生産量)	CNF原料用 国内木材使用量	
	体積 (m ³)	重量 (t)
上振れ (556t)	5,208m ³	2,367t
中央 (833t)	3,472m ³	1,578t
下振れ (278t)	1,736m ³	789t
世界34,000t	11万m ³ 程度	4.8万t程度

出典：事務局作成

8. 我が国の燃料材需給

現行の「森林・林業基本計画」は2021年6月に作成され、5年の更新時期を迎えている。

本調査では、2026年（令和8年）に改定されることが見込まれる次期「森林・林業基本計画」において計上される「用途別の木材利用量の目標」の対象年となる2030年（令和12年）及び2035年（令和17年）における、SAFや家畜飼料等の新たな用途を考慮した木質バイオマス利用量を推計することを、事業目的の一つとしている。よって、木質バイオマスの需要や供給量については、2035年度までの推計を行っている。

なお、本章で使用した林業や木材に関連する用語や単位をここで整理しておくこととする。

【丸太換算】（＝素材換算）

木材を丸太の状態に戻して体積や量を表す方法であり、製材品やチップなど、様々な形態で利用される木材を、「丸太」という共通の単位で比較するために行う。「製品」種ごとに、林野庁が定める「丸太換算率」を用いて換算する。（例：針葉樹 1t=2.2 m³）

表 8-1 の単位 t は、乾燥重量（乾燥重量＝絶乾重量）。

表 8-1 丸太換算率

区分	木材製品名	単位	丸太換算率	区分	木材製品名	単位	丸太換算率	
製材品等	製材品	針葉樹	m ³	63.7%	木材パルチップ等	木材パルプ	t	1 t = 3.3 m ³
		広葉樹	m ³	54.8%		木材チップ	針葉樹	t
	集成材・構造用集成材	m ³	60.0%	広葉樹			t	1 t = 1.7 m ³
	セルラーウッドパネル	m ²	100 m ² = 7.92 m ³	再生木材		m ³	100.0%	
	加工材	針葉樹	m ³	60.0%	その他	改良木材	m ³	100.0%
		広葉樹	m ³	50.0%		枕木	m ³	50.0%
合板等	合板	m ³	61.8%	のこくず・木くず		t	1 t = 1.282 m ³	
	薄板・単板	m ³	61.8%	燃料材	木炭	t	1 t = 7.407 m ³	
	ブロックボード等	m ³	40.9%		木炭以外	t	1 t = 1.282 m ³	

出典：木材需給表

【素材歩留まり】

立木材積から丸太材積への換算係数。本稿では0.75とする。

森林資源量は立木材積で表されており、成長量・伐採量等を整理すると表 8-2 のとおりである。大まかには、国内の森林は年平均で2%成長し、その内、1%弱を伐採しており、結果として、毎年1%強が純増を続けている。

表 8-2 国内森林資源量等

H29 (2017) ~R3 (2023) 平均

	立木材積(千m ³)	素材歩留まり	丸太材積(千m ³)	比率
国内森林資源量	5,560,000	0.75	4,170,000	100.0%
年平均成長量	113,000		84,090	2.0%
年平均伐採量	49,000		36,390	0.9%
年平均純増量	64,000		47,700	1.1%

出典：木材需給表等を基に事務局作成

8.1. 現行の森林・林業基本計画における燃料材利用目標

令和 3 年 6 月に策定された現行の森林・林業基本計画では、用途別の木材利用量について、令和元年値を実績として、令和 7 年及び令和 12 年の値を見通している。用途別では、建築用材等及び非建築用材等に区分され、前者は製材用材、合板用材に、後者はパルプ・チップ用材、燃料材、その他に区分されている。

これによれば、国内の総需要量の合計は、令和元年の実績である 82 百万 m³ から令和 7 年には 87 百万 m³ に増加し、その後は横ばいで令和 12 年においても 87 百万 m³ と見通している。

一方、総需要量に占める国産材の利用量を目標として示している。国産材の利用量は、合計で令和元年の 31 百万 m³ から令和 7 年度には 40 百万 m³ にまで増加し、令和 12 年には 42 百万 m³ になるとされている。この結果、木材の自給率は令和元年の 38% から令和 7 年には 46% にまで上昇し、令和 12 年は 48% とされている。

用途別としての燃料材の総需要量は、令和元年の実績である 10 百万 m³ から令和 7 年には 15 百万 m³ に増加し、令和 12 年には 16 百万 m³ になると見通している。これに対し燃料材の国産材の利用量は、令和元年の 7 百万 m³ から令和 7 年には 8 百万 m³、令和 12 年には 9 百万 m³ とすることが目標である。

木材の総需要量に占める燃料材の割合は、令和元年の 12% から令和 7 年には 17% に拡大し、令和 12 年は 18% になると見通されている。また、燃料材需要量に占める国産材利用割合は、令和元年の 70% から令和 7 年の 53% にまで縮小し、令和 12 年は 56% になると見通されている。

表 8-3 現行森林・林業基本計画における木材需給見通し

<用途別の利用量の目標>

(単位:百万㎡)

用途区分	総需要量			利用量		
	R元年 (実績)	R7年 (見通し)	R12年 (見通し)	R元年 (実績)	R7年 (目標)	R12年 (目標)
建築用材等 計	38	40	41	18	25	26
製材用材	28	29	30	13	17	19
合板用材	10	11	11	5	7	7
非建築用材等 計	44	47	47	13	15	16
パルプ・チップ用材	32	30	29	5	5	5
燃料材	10	15	16	7	8	9
その他	2	2	2	2	2	2
合計	82	87	87	31	40	42

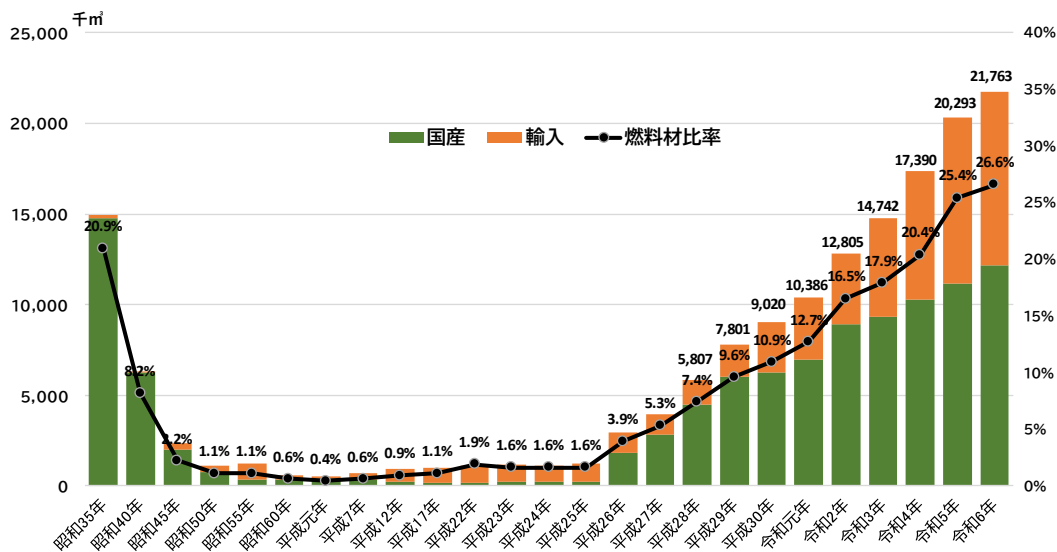
- 注1:用途別の利用量は、国産材に係るものである。
 2:「燃料材」とは、ペレット、薪、炭、燃料用チップである。
 3:「その他」とは、しいたけ原木、原木輸出等である。
 4:百万㎡単位で四捨五入しているため、計が一致しないものがある。

出典：林野庁「森林・林業基本計画のポイント」(令和3年6月)

8.2. 我が国における燃料材需要量の推移

我が国における燃料材の需要量の推移を林野庁「木材需給表」からみると、再生可能エネルギー発電の固定価格買取制度（FIT 制度）が開始された平成 24 年以降急速に増加していることが理解できる。

現行の森林・林業基本計画の実績年である令和元年の 10 百万㎡から、令和 4 年には 17 百万㎡に増加し、この時点で既に令和 7 年の目標値である 15 百万㎡、令和 12 年値の 16 百万㎡を上回った。さらに、令和 5 年には 20 百万㎡を超え、令和 6 年は 22 百万㎡に届く勢いである。



出典：林野庁「木材需給表」

図 8-1 我が国における燃料材需要量の推移

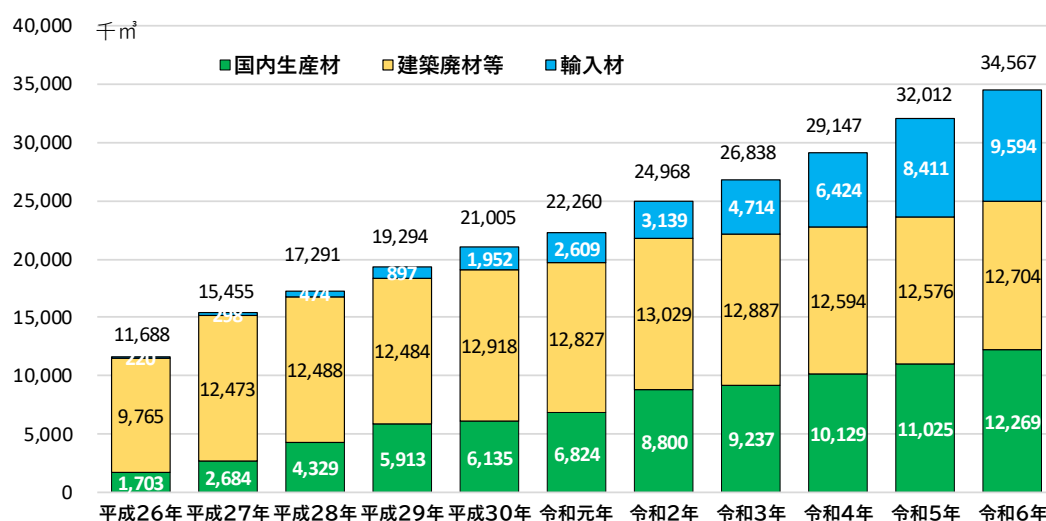
燃料材の需要量のうち国産材は、令和元年の 7 百万 m^3 から増加を続け、翌令和 2 年時点で令和 7 年の目標値である 8 百万 m^3 を超える 9 百万 m^3 に達する状況となった。さらに翌令和 3 年には令和 12 年目標値の 9 百万 m^3 を超えた。そして、令和 4 年に 10 百万 m^3 を超え、令和 6 年には 12 百万 m^3 を上回る状況となっている。

我が国における燃料材需要量に占める国産材比率をみると、国産材の利用量の伸びに比べ輸入材の伸びが大きいことから、令和元年度の 67%から令和 6 年には 56%にまで低下している。

また、我が国の木材総需要量に占める燃料材の割合は、令和元年に 13%であったものが、令和 6 年には 27%にまで拡大した。

一方、国内の森林から生産された木材や輸入によって供給される燃料材以外に、製材工場等の残材や建築廃材等から供給される燃料材も存在する。林野庁「木材需給表」では、これらの数量を外数として示しており、これを加えた値が図 8-2 となる。

これによれば、我が国の木質バイオマスの燃料材利用量は、近年、確実に増加し、令和 6 年時点で 34,567 千 m^3 となっているものの、建築廃材等由来の燃料材供給量は平成 27 年以降、12~13,000 千 m^3 のほぼ横ばいで推移している。



資料:林野庁「木材需給表」

図 8-2 我が国における燃料材供給量の推移

このように、近年の我が国における燃料材の需要量及び国産材利用量は、現行の森林・林業基本計画で計上した目標値をはるかに上回る状況で推移している。こうした燃料材の状況から、地域によっては、発電事業者間や既存需要者との間での原木需要の競合、森林資源

の持続的利用に対する懸念が生じている。このため、次期森林・林業基本計画の策定に向け、燃料材の需給量を的確に見通すことが重要である。

8.3. 国内での木材生産量に占める燃料材比率の推移

国内での燃料材の供給量は、製材用材等のマテリアル利用に付随して供給される性質であることから、国内の木材生産量に占める燃料材比率の推移を図 8-3 によってみておくこととする。

現行の森林・林業基本計画では、実績年の令和元年では、国産材利用量 31 百万 m³ に対し燃料材利用量が 7 百万 m³ であったことから燃料材比率は 23% であった。目標値では、令和 4 年に 20%、令和 12 年に 21% とほぼ横ばいとして見通している。

これに対し、実際の数量をみると、令和 2 年に 29% にまで急上昇し、その後も漸増して令和 6 年には 35% に達している。

木材生産過程において発生する林地残材量を主伐される樹木 1 本から生産される用途別木材のイメージを示した図 8-4 からみると、幹由来の林地残材の発生量 (0.10 m³) は幹材積 (0.40 m³) の 25% と推定される。

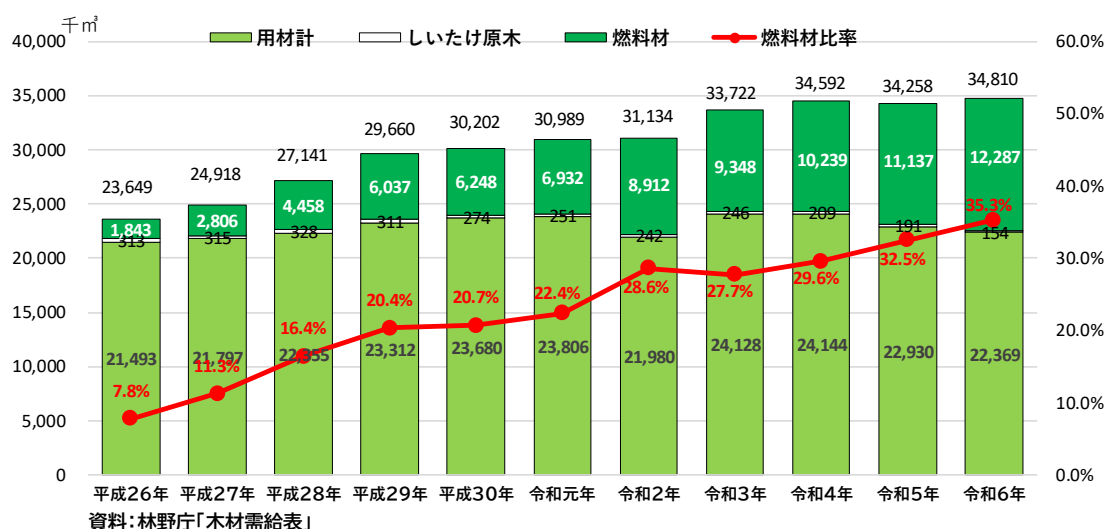
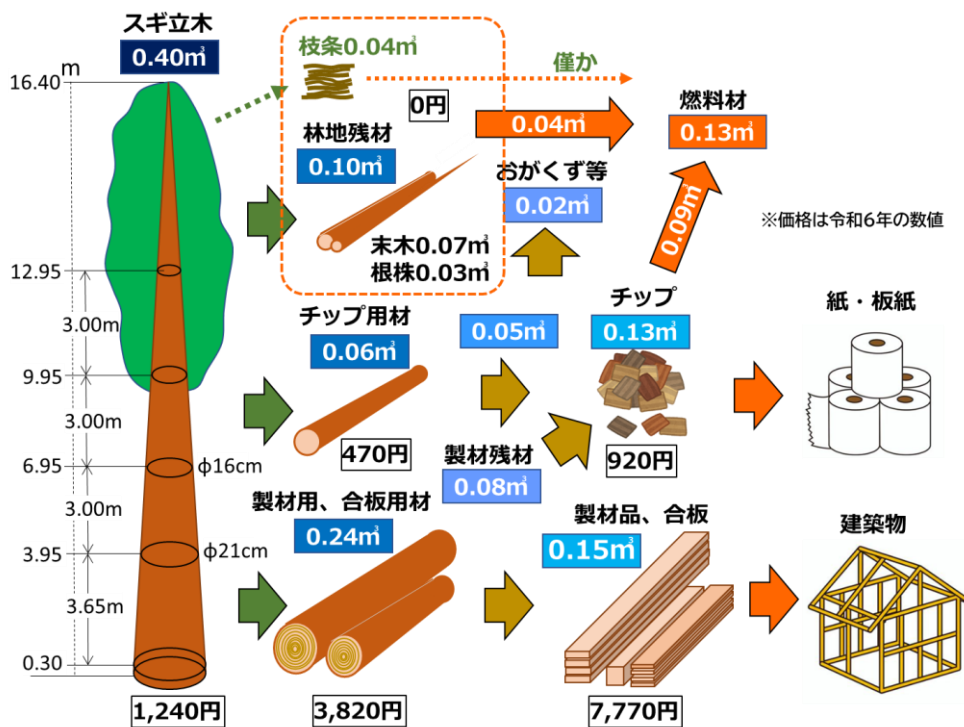


図 8-3 我が国の素材生産量に占める燃料材の推移



資料：農林水産省「木材需給報告書」、日本不動産研究所「山林素地及び山元立木価格調」

- 注1：スギ立木は、静岡県天城地方スギ収穫予想表（地位中）における50年生の主林木平均を用いた。
 2：採材は、元玉3.65m、2番玉以降3mとした。素材の材積は、末口二乗法により求めた。
 3：製材品は、元玉から平割、2番玉から正角を木取りし、残りの部分から小幅板を取ることを前提として推計している。
 4：便宜的に合板用材は製材用材に合算しており、価格も製材用素材価格、製材品価格によって求めている。
 5：枝条率は、枝条が平均15kg（絶乾）発生することとして幹材積の10%とした。

図 8-4 スギ立木 1 本から生産される木材のイメージ

また、幹材積 (0.40 m³) の 15%に当たる量 (0.06 m³) がチップ用材として生産されるが、実際にはその 3 分の 2 に当たる量 (0.04 m³) が燃料材に向けられている。

この結果、幹材積から燃料材として生産される量は、チップ用材の燃料材向けの割合が現状程度であるとすれば、木材生産量の 35%程度が上限と考えられる。

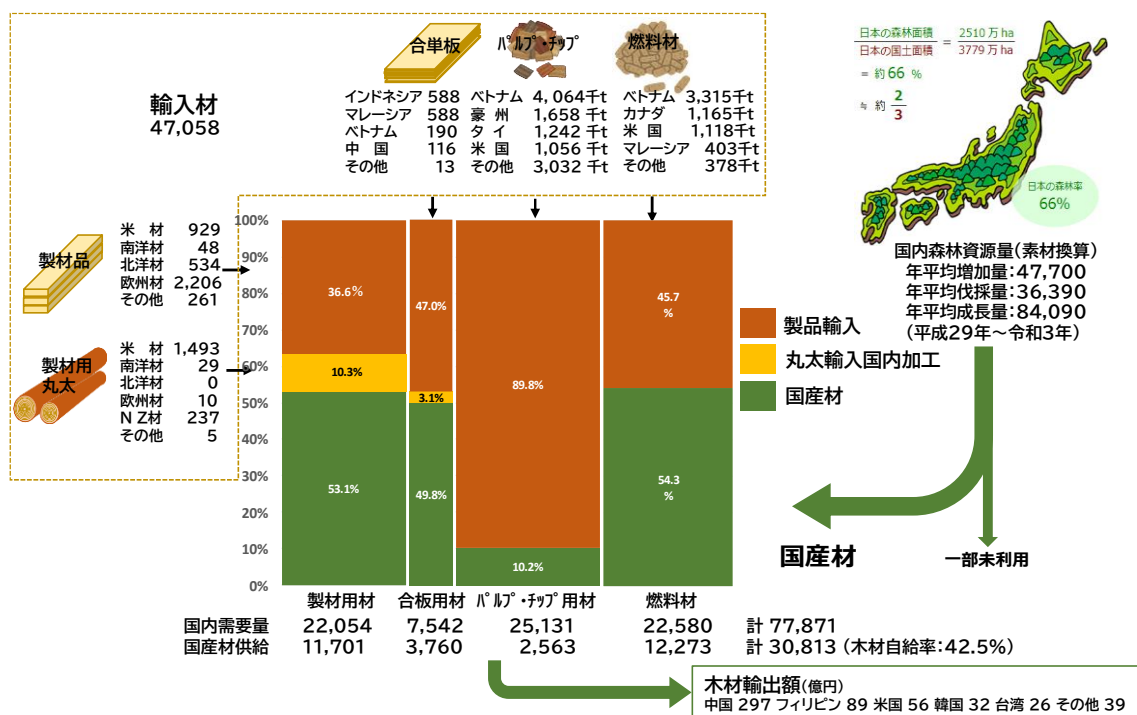
ただし、実際には林地残材の発生量の推定方法が立木伐採材積から素材生産量を差し引いたものとして幹材積のみを対象に計算されていることから、枝条由来の林地残材が存在していること、幹由来の林地残材として推定された材積にあっても現実には利用できない材積が包含されていることなどから、後段で上限値について分析を試みる。

8.4. 我が国における木材需給構造と燃料材

図 8-5 に我が国における木材の需給構造を示した。

令和 6 年における我が国の木材供給量を素材換算値でみると、国産材が 30.8 百万 m³であるのに対し、輸入材は 47.1 百万 m³であり、国内の総需要量が 77.9 百万 m³であった。この結果、木材の自給率は 39.6%と 4 割の水準となった。

一方、国内の森林資源量の年平均増加量は 47.7 百万 m³ となっており、これに年平均の伐採量である 36.4 百万 m³ を加えた 84.1 百万 m³ が国内森林の年平均成長量となる。国内の森林資源の中には、木材生産の対象とならない伐採制限箇所や主伐の適期に至らない森林も少なくなく、利用している木材量は成長量の 4 割弱の水準である。



資料:林野庁「木材需給表」、「森林資源現況調査」、財務省「貿易統計」
 注1:数字は丸太換算値であり、パルプ・チップ、燃料材の輸入量、木材輸出額を除き単位は千m³である。
 2:素材歩留まりは75%とした。

図 8-5 我が国における木材需給構造 (令和 6 年)

こうしたことから、国内の森林資源の成長量について、利用が可能な人工林を中心としてより一層のマテリアル需要を喚起することができれば、国内森林資源の有効利用による地域経済の発展に繋がることとなる。また、マテリアル需要の拡大により、燃料材の供給も拡大することが期待できる。

令和 6 年時点では、燃料材の需要に対し、国産材が 54% を占めている。今後、燃料材収集コストのより一層の低減を図ることによって、未利用となっている林地残材、枝条由来の燃料材の利用を拡大することが重要である。これは、林地残材として林内に放置された資源が利用されなければ、腐朽によって大気中に二酸化炭素として放出される結果となることから、燃料材として利用することによって化石燃料の代替エネルギーとして化石燃料の使用量を削減できるという点からみても重要である。

8.5. 林地残材の発生量と利用量の推移

農林水産省が公表している「バイオマス種類別の利用率等の推移」(図 8-6)において、林地残材の発生量と利用量が示されている。これによれば、2023 年の林地残材発生量は 1,131 万トンとされ、そのうち 40.1%に当たる 453 万トンが利用されていることとされている。

この林地残材発生量は、毎年の立木伐採材積から素材生産量を差し引いた値を用いて、木材の平均密度を 50%として絶乾重量として算出している。このため、幹由来の林地残材量のみを示した値である。

また、林地残材として推定した発生量には、素材として林外に持ち出されている余尺部分や収集困難な根株、鋸くずなどが存在していることから、利用可能な林地残材としては、これらを除外する必要がある。こうした作業は、弊協会が 2023 年度林野庁補助事業「木質バイオマス燃料の安定供給システム構築に関する調査」において実施しており、その結果、利用対象となる林地残材量は推定発生量の 6 割に当たる 660 万トンと考えられている。

図 8-4 で示したスギ立木 1 本から生産される木材のイメージに当てはめれば、幹由来の林地残材量は幹材積の 25%に当たる。他方、幹由来以外に枝条由来の林地残材が発生する。その量を推定すると幹材積の 1 割に相当するものと考えられる。

このため、幹材積に対し 35%に相当する量が林地残材として発生すると見込まれ、木材生産量の 35%が燃料材供給の上限と考えることができる。

一方、実際の燃料材供給量をみると、林地残材の利用量は、幹由来では 4 割となっているものの、枝条由来は僅かと思われる。この結果、木材生産量に占める林地残材利用量は、幹由来の林地残材が幹材積に対する発生量 25%の 4 割の 10%ほどと考えられる。一方、パルプ・チップ用の素材の生産割合は、幹材積の 15%であり、そのうちの 3 分の 2 に当たる 10%が燃料材に向けられている。これらを加えると、幹材積の 20%ほどが燃料材に向けられていることとなる。また、令和 6 年における国内の木材生産量に占める燃料材比率は 35%ほどであったことからみると、林地残材、パルプ・チップ用材に加え、B材として生産された素材からも一定量が燃料材に向けられている可能性があると考えられる。

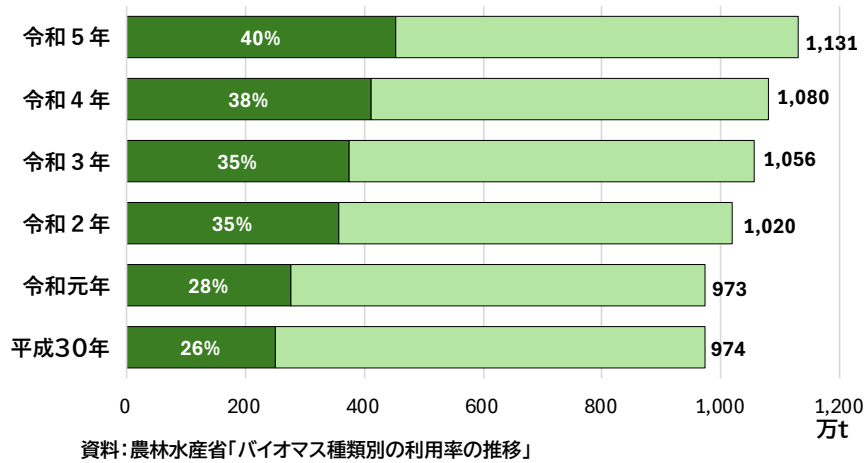


図 8-6 林地残材の発生量と利用率の推移

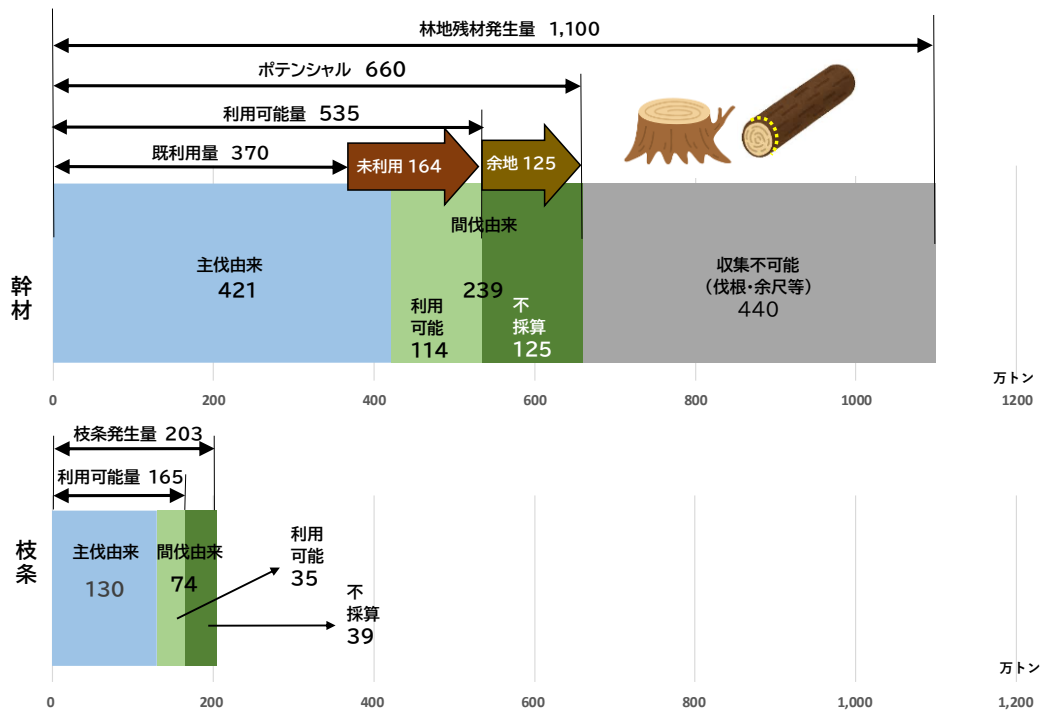


図 8-7 利用可能な林地残材の推計 (2023 年度調査)

8.6. 木質チップの国内生産量と由来別生産量

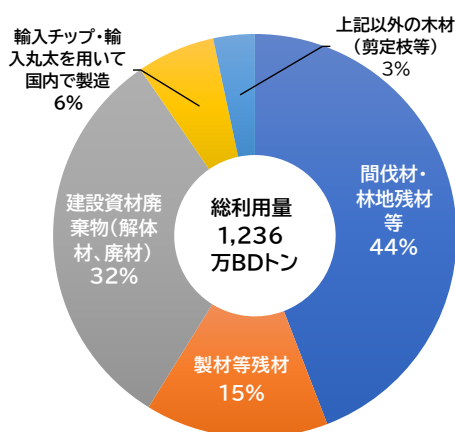
国内で生産される燃料材の形態は木質チップが主体となっている。

農林水産省「木質バイオマスエネルギー利用動向調査」(図 8-8)によれば、国内で利用される木質チップは、令和 6 年において 1,236 万トン(絶乾重量)となっており、「間伐材・林地残材等」由来が 44%に当たる 546 万トン(絶乾重量)、次いで「建設資材廃棄物(解体材、廃材)」が 32%に当たる 390 万トンとなり、「製材等残材」が 15%に当たる 181 万トン、「輸入チップ・輸入丸太を用いて国内で製造」の 78 万トン、「それ以外の木材(剪定枝等)」が 41 万トンと続く。

由来別の利用量を令和 5 年と比較すると、「間伐材・林地残材等」が 10.3%増加したものの、「建設資材廃棄物(解体材、廃材)」、「製材等残材」は横ばいである。また、「輸入チップ・輸入丸太を用いて国内で製造」は 44.4%増加した。

一方、先にみた農林水産省の「バイオマス種類別の利用率等の推移」では、林地残材の利用量は 453 万トンとされていることから、調査結果に乖離が生じている。これは、木質バイオマスエネルギー利用動向調査においては、パルプ・チップ用材から向けられた木質チップなどが含まれているものと考えられるからである。

(この報告書では、木質バイオマスエネルギー利用動向調査の区分が「間伐材・林地残材等」とされていることから、便宜的に差分を「間伐材」由来として扱うこととする。)



資料:農林水産省「木質バイオマスエネルギー利用動向調査」

図 8-8 国内生産木質チップの由来別利用量(令和 6 年)

なお、木材需給表において計上されている国内で生産される燃料材は、令和 6 年において 12,287 千 m^3 とされている。これを比重 45%として重量換算すると 553 万トンとなり、木質ペレットに向けられる燃料材が若干存在するものの、木質バイオマスエネルギー利用動向調査で計上された 546 万トンとほぼ同水準となっている。

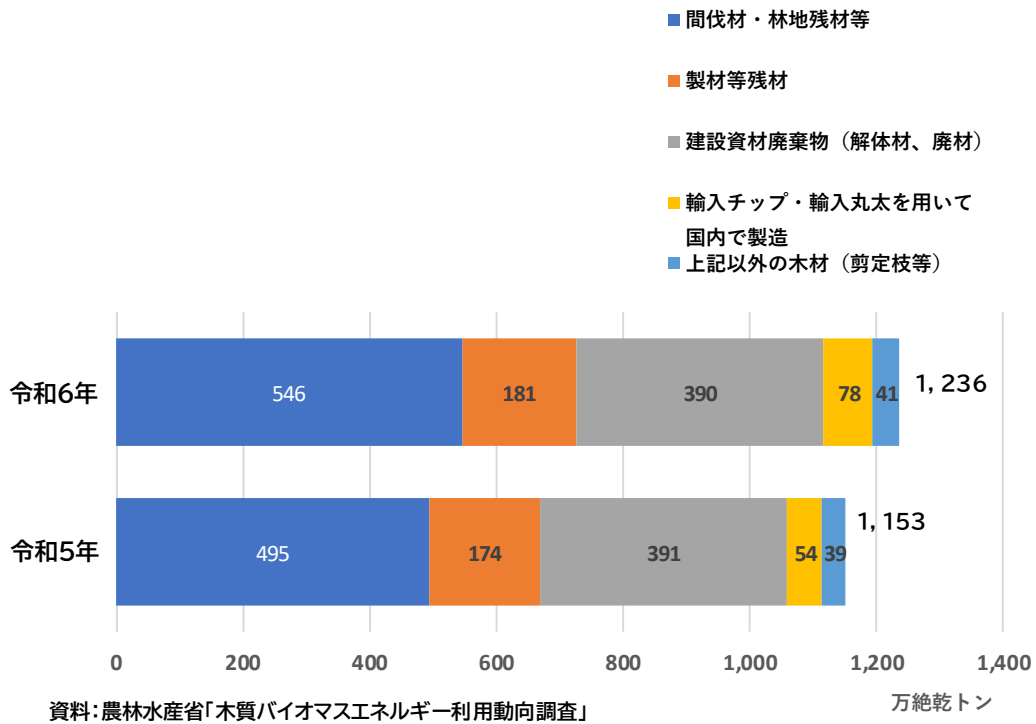


図 8-9 由来別木質チップの利用量の推移

8.7. 木質ペレットの国内生産量と由来別生産量

木質チップと並んで利用される木質燃料に木質ペレットがある。

木質ペレットは、燃料の流動性が確保できることから、家庭用ストーブなどで自動供給方式が採用された。この結果、2000年代に入り、地球温暖化問題、原油価格の高騰などを背景として国内の供給体制が拡大した。

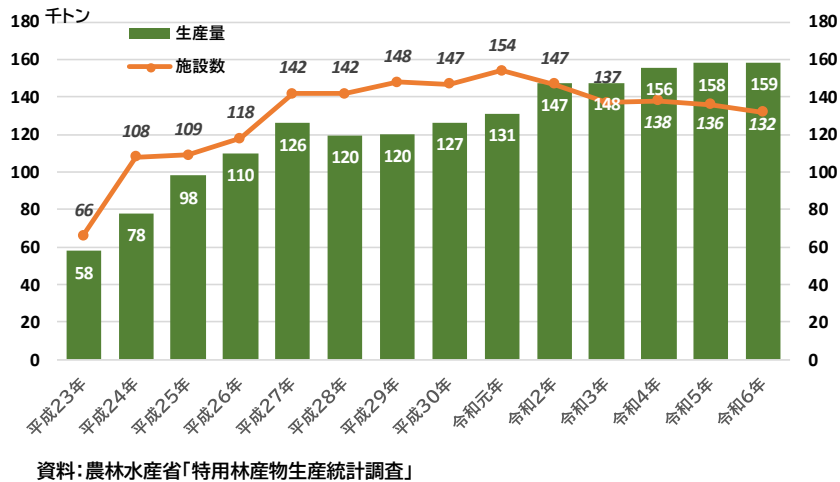
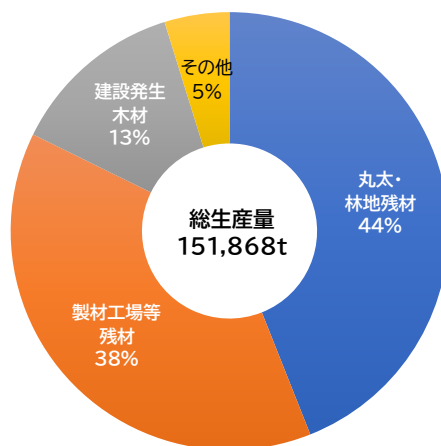


図 8-10 国内における木質ペレット生産施設数の推移

しかしながら、FIT 制度の導入による国内燃料材の発電利用が進んだことや輸入木質ペレットが大幅に増加したことなどから、近年、国内の生産施設数は令和元年の 154 施設から減少傾向を示している。また、木質ペレットの国内生産量も、15 万トンの水準で微増から横ばいで推移している。

国内で生産される木質ペレットについて、農林水産省「特用林産物生産統計調査」によって由来別にみると、「丸太・林地残材」由来が 44%に当たる 6.7 万トン、次いで「製材工場等残材」が 38%に当たる 5.8 万トン、「建設発生木材」が 13%に当たる 2.0 万トンと続く。



資料:農林水産省「特用林産物生産統計調査」

図 8-11 国内生産木質ペレットの由来別利用量 (令和 6 年)

国内で生産される木質ペレットは、国内で生産される燃料材としてはごく少量となっているが、国内で稼働する一般木質バイオマス発電所では、木質ペレットを燃料とするものが多く、その調達を輸入木質ペレットに求めることが多い。この結果、木質ペレットの輸入量は令和元年の161万トンから大幅に増加し、令和6年には4倍に当たる638万トンとなった。これは、国内で生産される量の42倍となる。

輸入相手国別にみると、令和6年においてはベトナムが52%のシェアの332万トンと第1位となっており、カナダ、米国が続いている。

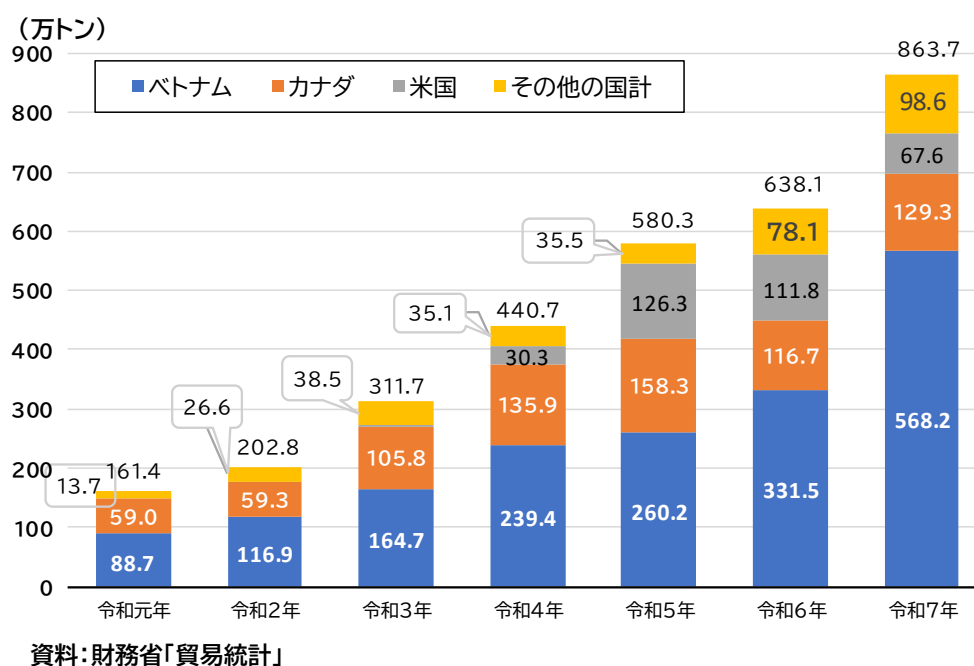


図 8-12 木質ペレットの輸入量の推移

8.8. 我が国における燃料材の供給構造

これまで、木質バイオマスに関して我が国で生産される燃料材、輸入される燃料材、国内における燃料材利用量などを公表されている統計データなどを基に把握してきた。これらを踏まえ、我が国における木質バイオマス燃料材の需給構造の全体像を整理することとする。

なお、燃料材の供給構造の全体像を整理する際に用いたデータは、異なる統計によるデータであることから、単純に比較することはできない性格ではあるものの、全体のイメージを理解するために同じ土俵で記載している。このため、データを加減乗除しても整合性が取れないことがあることに留意されたい。

8.8.1. 木質バイオマス国内供給量

① 間伐材・林地残材由来木質チップ

農林水産省「バイオマス種類別の利用率等の推移」によれば、令和5年における林地残材の発生量は1,131万トンとされ、そのうち利用されたものが40%に当たる453万トンとされている。

一方、農林水産省「木質バイオマスエネルギー利用動向調査」によれば、令和6年における間伐材・林地残材等由来の木質チップ供給量は546万トンとなっている。この量は林地残材の発生量よりも大きいことから、間伐材等から木質チップが生産される量が一定量含まれていると考えられる。

また、農林水産省「特用林産物生産統計調査」によれば、令和6年における林地残材由来の木質粒状燃料（木質ペレット）の生産量は7万トンとされており、これも林地残材利用量454万トンの中から生産されている。

こうしたことから、454万トンの林地残材の利用量からペレット向けの7万トンを差し引いた残りの447万トンが木質チップに向けられ、木質チップ利用量の546万トンから林地残材由来の447万トンを差し引いた99万トンは間伐材由来であることとする。

これら重量当たりの供給量を材積に置き換えると、木材の比重を0.45、木質ペレットの比重を0.7とすれば、間伐材・林地残材の利用材積は、木質チップ向けが12,133千 m^3 、木質ペレット向けが100千 m^3 となり、合計で12,233千 m^3 となる。

② 林地残材由来木質ペレット

①で記載したとおり、令和6年の林地残材由来の木質粒状燃料（木質ペレット）の生産量は7万トンであり、材積換算では100千 m^3 となる。

この結果、森林から生産される燃料材の合計は、553万トン、材積換算で12,233千 m^3 と推定され、令和6年において国内の森林から生産された木材量である134,809千 m^3 のうち、マテリアル利用に向けられない32%が燃料材に向けられているものと考えられる。

③ 剪定枝等木質チップ

農林水産省「木質バイオマスエネルギー利用動向調査」によれば、令和6年における剪定枝等由来の木質チップ供給量は41万トンであり、材積換算量は911千 m^3 となる。

④ 製材工場等残材由来燃料材

次に製材工場等残材由来の燃料材供給量を推計する。

農林水産省「バイオマス種類別の利用率等の推移」によれば、令和5年における製材工場等残材の発生量は562万トンとされ、その99%に当たる554万トンが利用されていることとなっている。

一方、国内で利用される木質チップのうち製材等残材は 181 万トン、木質ペレットは 6 万トンとされている。この結果、利用されている工場残材 554 万トンのうち 187 万トンが燃料材に向けられ、これ以外の 367 万トンは製紙用などに向けられていると考えられる。

⑤ 建築発生木材等由来燃料材

建築廃材由来の燃料材供給量を推計する。

農林水産省「バイオマス種類別の利用率等の推移」によれば、直近の建築廃材等の発生量及び利用量として示されているのは若干古い平成 30 年の値である。しかしながら、図 8-2 でみたように建築発生木材等由来燃料材供給量はほぼ横ばいで推移していることから、今回、平成 30 年の値を用いても特段の支障は生じないものと判断した。

これによれば、建築廃材等の発生量は 550 万トンとされ、その 96%に当たる 530 万トンが利用されていることとなっている。

一方、「木質バイオマスエネルギー利用動向調査結果」より、国内で利用される木質チップのうち建築廃材由来は 390 万トン、木質ペレットは 2 万トンとされている。この結果、利用されている建築廃材 554 万トンのうち 392 万トンが燃料材に向けられ、これ以外の 138 万トンはパーティクルボードなどの木質ボード材料などに向けられていると考えられる。

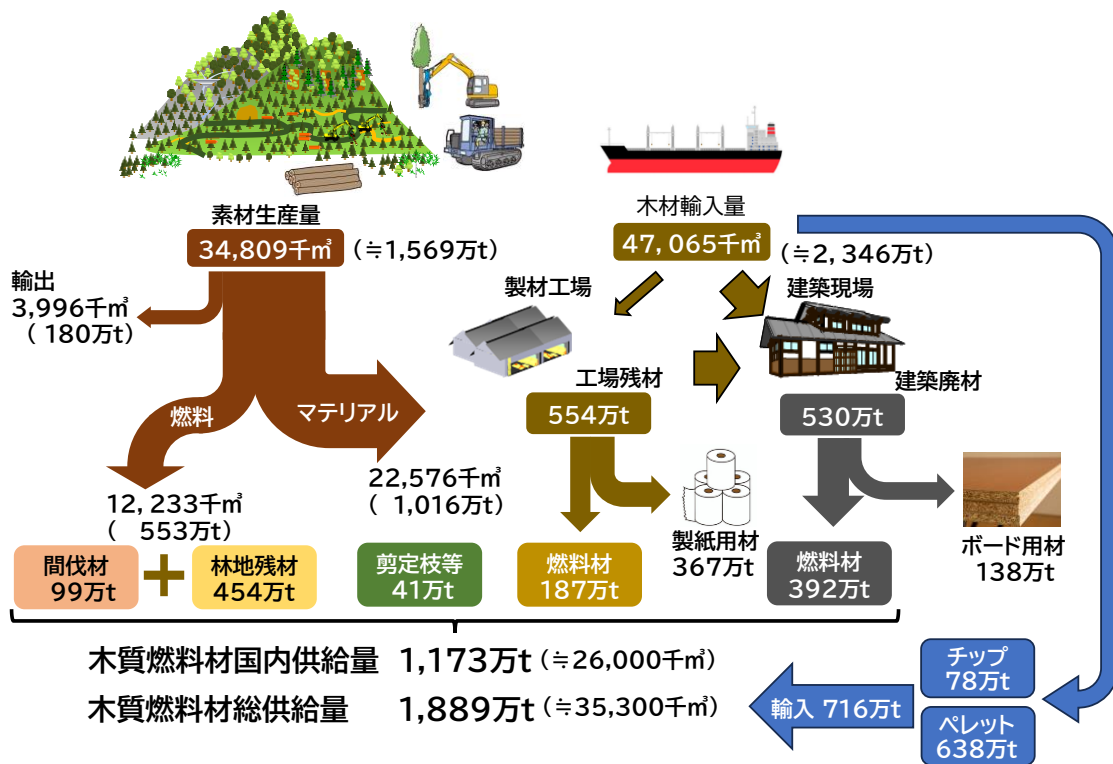
8.8.2. 輸入燃料材

農林水産省「木質バイオマスエネルギー利用動向調査」によれば、令和 6 年において国内で利用している木質チップのうち 78 万トンは木質チップとして輸入したもの又は輸入丸太を国内でチップングしたものとなっている。これを材積換算すると 1,756 千 m^3 となる。

一方、国内で利用する木質ペレットの多くは輸入されており、令和 6 年における木質ペレットの輸入量は 638 万トンに達している。これを材積換算すると 9,114 千 m^3 となる。

我が国の木材輸入量は、林野庁「木材需給表」によれば令和 6 年において 47,065 千 m^3 であった。これを単純に比較すれば輸入木材量に占める燃料材比率は 23%を占めていることとなる。

以上の結果、我が国における燃料材の需給構造を整理したものが図 8-13 となる。



資料：農林水産省「バイオマス種類別の利用率等の推移」、「木材需給報告書」、「木質バイオマスエネルギー利用動向調査」、「特用林産物生産統計調査」

図 8-13 我が国における木質バイオマス燃料材の需給構造（令和 6 年）

9. 我が国の木材需給の見通し

9.1. 木材需給の見通しの考え方

SAF の製造に向けられる木質バイオマス資源量がどの程度確保できるのかを見通すためには、現在の我が国の木材需給構造を把握した上で、SAF 原料に利用可能な燃料材の供給可能量を見通すことが必要である。特に燃料材需要の太宗を占める FIT/FIP 制度に基づく木質バイオマス発電での燃料材需要量を見通すことがポイントとなる。

併せて、国内における燃料材の供給可能量を見通すことも必要となる。燃料材の供給可能量は製材用材等の木材のマテリアル需要量に付随する形で供給されるものであることから、マテリアル需要量を見通すことが必要である。しかしながら、木材のマテリアル需要量については、令和 8 年に策定が予定されている次期「森林・林業基本計画」において、令和 12 年及び令和 17 年の木材利用量目標が示されることから、その値を用いることが前提となる。このため、本報告においては、暫定的に、当該年の木材供給可能量を令和 4 年 3 月末時点の人工林の齢級構成を用いて、需給見通しの対象年をカバーできる範囲として、令和 9 年 3 月末、令和 14 年 3 月末、令和 19 年 3 月末の齢級構成を予測し、木材供給可能量を求め、これを用いて需給量の検討を行うこととする。

9.2. 木質バイオマス発電用燃料材需要量の見通し

現在、我が国の木質燃料材需要の太宗は木質バイオマス発電用の燃料材である。

再生可能エネルギーによる発電のうちバイオマス発電において、木質バイオマス燃料を対象とする燃料区分には、未利用材 2,000 kW 未満、未利用材 2,000 kW 以上、一般木質・農作物残さ、建設資材廃棄物とがあり、それぞれの燃料区分によって電力の調達価格が異なっている。

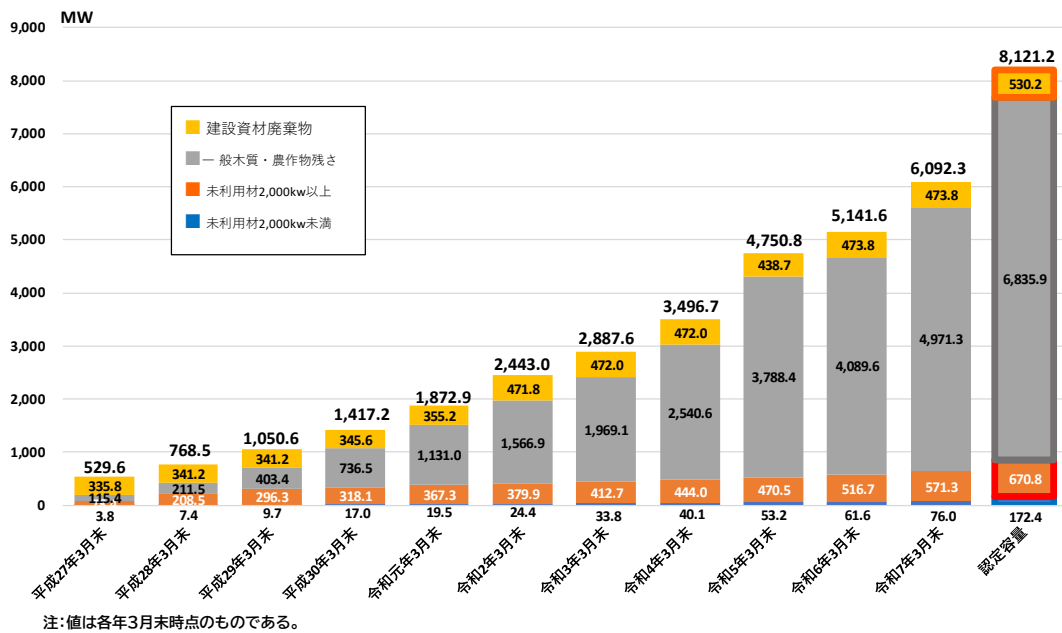


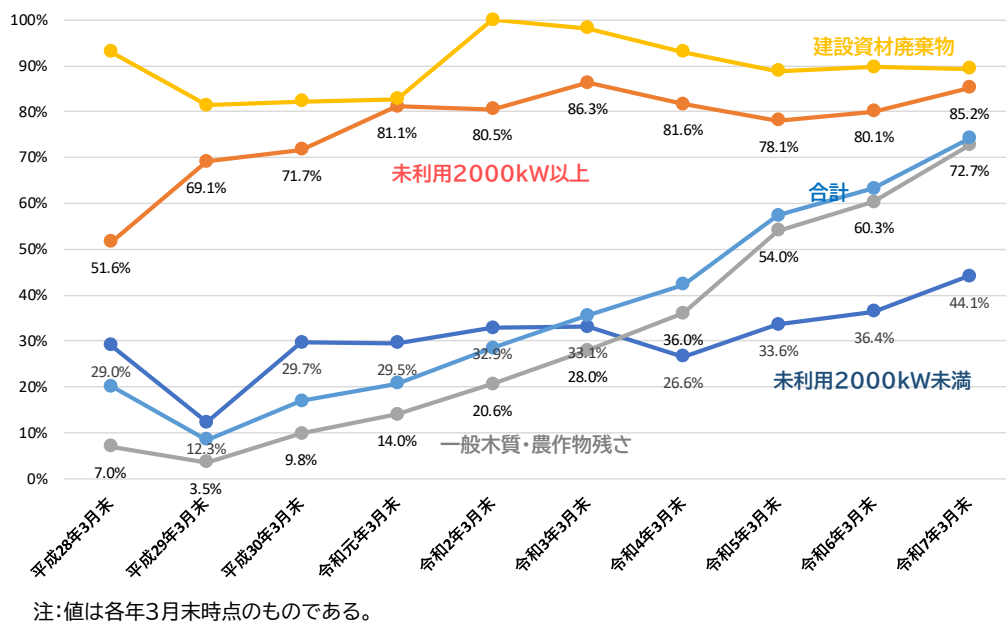
図 9-1 木質バイオマス発電の設備導入容量の推移

FIT 制度の導入以来、木質バイオマス燃料による設備認定容量は拡大し、現時点では 8.1 千 MW を上回っている。特に一般木質・農作物残さが全体の 84%に当たる 6.8 千 MW を占めており、次いで、未利用材 2,000 kW 以上が 8%に当たる 0.7 千 MW となり、建設資材廃棄物の 0.4 千 MW、未利用材 2,000 kW 未満の 0.2 千 MW と続いている。

認定容量に対し、発電が行われるようになっている導入容量をみると、FIT 制度導入以降、着実に増加している。令和 7 年 3 月末時点における導入容量は、木質バイオマス全体では認定容量の 74%に当たる 6.0 千 MW に達している。燃料区分別にみれば、最も導入容量の大きい燃料区分は導入容量全体の 83%を占める一般木質・農作物残さの 5.0 千 MW であり、同区分の認定容量の 73%に達している。次いで、未利用材 2,000 kW 以上が全体の 10%に当たる 0.6 千 MW、建設資材廃棄物の 0.4 千 MW、未利用材 2,000 kW 未満の 0.1 千 MW となっている。

木質バイオマス燃料材の需要量を見通す上では、木質バイオマス発電施設において、現在、どれだけの木質バイオマス燃料材が利用されているのかを把握した上で、今後、新たに木質バイオマス発電の設備導入がどの程度見込まれるのかを推定する必要がある。

この場合、木質バイオマス発電における認定容量と導入容量との差分が新たに設備導入量として考えられるが、これまでの各燃料区分における認定容量に対する導入容量の割合の推移をみることによって、一定の傾向を理解することができる。



資料:資源エネルギー庁「再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法 情報公表用ウェブサイト」

図 9-2 認定容量に対する導入容量比率の推移

最も認定容量の大きい一般木質・農作物残さにあつては、導入容量比率が低位にあつたものの、近年、着実に増加してきており、令和7年3月末時点では85%となった。一方、未利用材2,000kW以上、建設資材廃棄物にあつては、比較的早い段階から高い比率を維持している。なお、認定容量の最も小さい未利用材2,000kW未満では、3~4割程度の低い水準で推移している。こうした傾向をみると、施設が小規模な未利用材2,000kW未満を除くと、各設備とも認定容量に対して8~9割程度が導入容量の上限と考えられる。このため、一般木質・農作物残さにあつても、導入容量比率の上昇は徐々に鈍化するものと見込まれる。

9.2.1. 木質バイオマス発電設備の新規導入容量の推定

令和7年以降の新規導入容量の推定値は、令和5年及び令和6年における年度期首認定未導入容量（認定容量のうち導入されていない容量）に対する令和5年度及び令和6年度各1年間における新たに導入された容量の合計値の比率の平均値（表9-1）を対象前年度認定未導入容量見込量（表9-2）に乗じることによって当該年度の新規導入容量とし、前年度未導入容量に加えることによって求めるものとする。また、これら推計は、燃料区分ごとに行うものとする。

表 9-1 木質バイオマス発電導入容量の予測の考え方①

(単位:kW)

	認定未導入容量		新規導入容量		新規導入容量比率		平均値
	令和5年	令和6年	令和5年	令和6年	令和5年	令和6年	
未利用2,000kW未満	115,391	107,047	8,344	14,385	7.2%	13.4%	10.3%
未利用2,000 kW以上	143,979	121,229	46,224	54,576	32.1%	45.0%	38.6%
一般木質	5,297,985	4,002,185	301,154	881,714	5.7%	22.0%	13.9%

資料：資源エネルギー庁「事業計画認定情報」

表 9-2 木質バイオマス発電導入容量の予測の考え方②

(単位:kW)

認定未導入容量	令和6年	令和7年	令和8年	令和9年	令和10年	令和11年
未利用2,000kW未満		64,915	52,557	28,344	17,530	7,949
未利用2,000 kW以上		92,429	82,479	58,289	19,989	0
一般木質		2,732,133	2,726,233	2,662,738	2,640,658	2,626,688

資料：資源エネルギー庁「事業計画認定情報」

なお、推計対象前年度末の認定未導入容量見込量は、全認定未導入容量の積み上げ容量にバイオマス比率を乗じて算出（表 9-3）することとする。バイオマス比率は、石炭混焼設備などの場合に木質バイオマス燃料による発電量を求める際に使用する比率であり、令和 7 年 3 月末時点での各燃料区分における新規認定容量に用いられた比率（表 9-4）を用いることとする。

表 9-3 木質バイオマス発電導入容量の予測の考え方③

(単位:kW)

認定未導入容量	令和6年	令和7年	令和8年	令和9年	令和10年	令和11年
未利用2,000kW未満		64,915	52,557	28,344	17,530	7,949
未利用2,000 kW以上		54,626	48,745	34,449	11,813	0
一般木質		1,278,638	1,275,877	1,246,161	1,235,828	1,229,290

資料：資源エネルギー庁「事業計画認定情報」

表 9-4 バイオマス比率

バイオマス比率	
未利用2,000kW未満	100.0%
未利用2,000 kW以上	59.1%
一般木質	46.8%

資料：資源エネルギー庁

「情報公表用ウェブサイト」

また、表 9-2 の推計対象前年度末の認定未導入容量見込量の積み上げ対象認定容量は、認定失効制度を考慮して算出することとした。FIT 制度においては、令和 4 年 4 月 1 日に改正特措法が施行されたことにより、10 kW 以上の認定未導入案件においては、認定から 3

年間が経過した運転開始期限時点において系統連系着工工事申込届が行われていない案件については、その後1年を経過した時点（認定から4年後）に認定が失効となることとされた。運転開始期限から1年以内に工事申込届が提出された場合は、当該年度末が新たに運転開始期限とされ、その時点から3年間について執行が猶予される。こうしたことから、今回の推計に当たっては、運転開始期限から4年を経過した案件については失効することとして処理している。

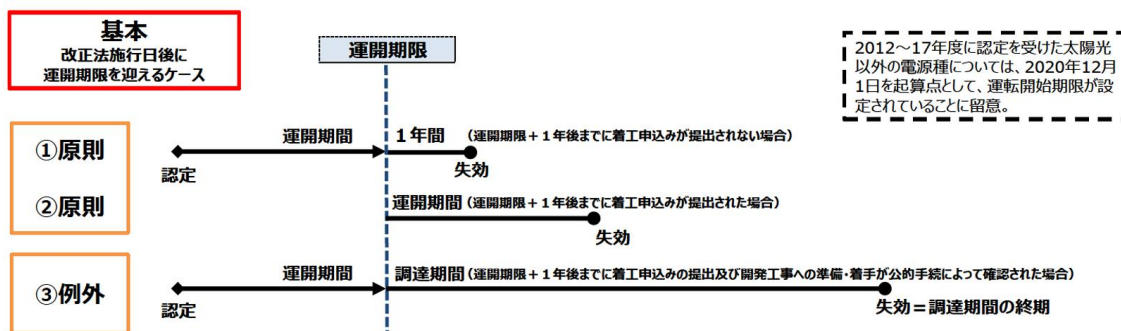


図 9-3 認定失効のイメージ

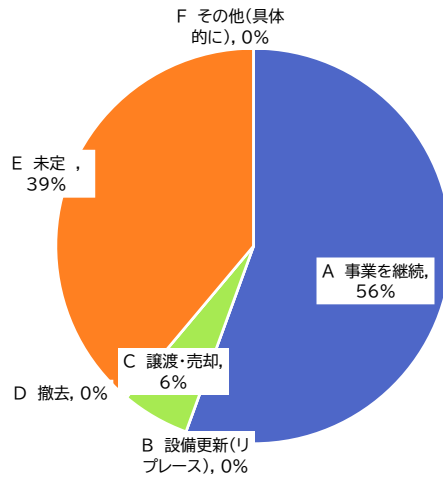
9.2.2. 木質バイオマス発電設備の撤退容量の推定

2.2.1.において求めた木質バイオマス発電施設について、令和17年までの発電容量を推定する。

FIT/FIP制度による電力の調達は、導入時点から20年間となっていることから、その間での撤退案件は見込まないこととする。

一方、導入から20年が経過した案件については、本来であれば調達価格が優遇されなくとも継続的に発電が行われるべきものである。しかしながら、現実的には一定の発電施設は木質バイオマス発電から撤退する可能性がある。

こうした状況を見通すことは極めて難しいと考えるが、2025年6月に弊協会が法人会員の木質バイオマス発電所にアンケート調査を実施した結果として、FIT/FIP制度終了後も事業継続の意思を明らかにした発電所の割合が56%であったことから、導入から20年を経過した発電施設の44%が木質バイオマス発電から撤退することとして、その後の導入容量を推定した(図9-4)。



資料: JWBAアンケート(2025年)

図 9-4 調達期間終了後の事業計画 (現時点の方針)

9.2.3. 導入容量の推計結果

2.2.1 木質バイオマス発電設備の新規導入容量の推定及び2.2.2. 木質バイオマス発電設備の撤退容量の推定において求めた令和17年までの木質バイオマス発電の燃料区別の発電容量の推移は表9-5のとおりであり、各燃料区分の推移をグラフにしたものが、図9-5、図9-6、図9-7となる。

表 9-5 FIT 木質バイオマス発電所の導入容量の推移 (新規導入+卒 FIT 減少込)

	(単位:MW)											
	令和6年	令和7年	令和8年	令和9年	令和10年	令和11年	令和12年	令和13年	令和14年	令和15年	令和16年	令和17年
未利用2,000kW未満	62	76	83	88	91	93	94	94	94	87	83	83
未利用2,000kW以上	517	571	592	611	624	629	629	629	629	501	489	327
一般木質	4,090	4,971	5,148	5,325	5,498	5,669	5,839	5,839	5,839	5,723	5,707	5,525

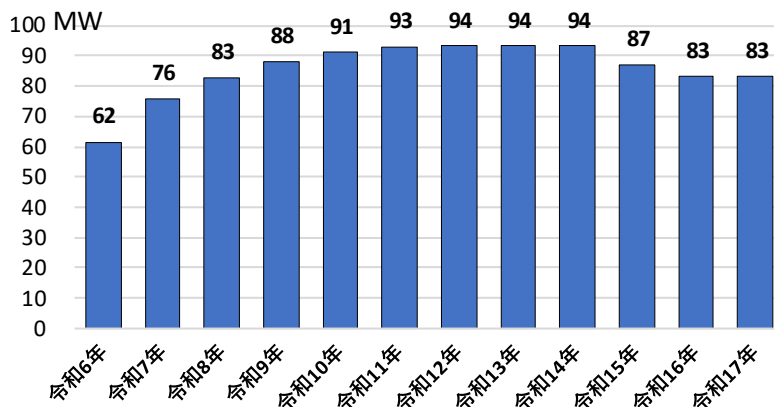


図 9-5 未利用 2,000kW 未満発電所の導入容量見通し

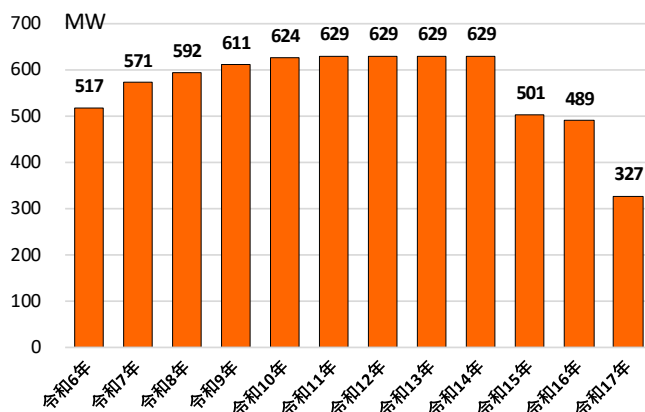


図 9-6 未利用 2,000kW 以上発電所の導入容量見通し

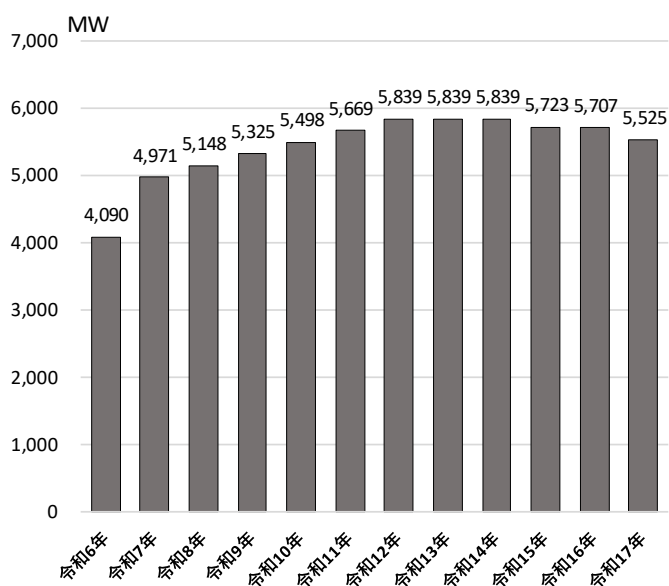


図 9-7 一般木質発電所の導入容量見通し

9.2.4. 発電用燃料材需要量の推計

2.2.3.において推計した令和 17 年までの燃料区分ごとの発電導入容量を用いて、燃料材の利用量を推定する。

このためには、木質バイオマス発電において標準的とされる定格出力 5MW の発電所における年間の燃料材利用量を求め、その値を各年度の導入容量に乗じて推定することとする。

5 MWの木質バイオマス発電所では、発電効率を23%、想定設備利用率を85%とすれば、水分量40%（湿量基準含水率）の木質チップであれば1時間当たり7.58トンの燃料材を消費することとなる。これを年間値に置き換えると約5.6万トンとなる。この5.6万トンを絶乾重量に換算すると約3.4万BDトンとなることから、発電容量1MW当たりの年間燃料材利用量は、0.68万トンとなる。この方法で令和17年までの木質バイオマス発電のうち、未利用材発電において利用する未利用材の燃料材の利用量（重量）を求めたものが表9-6であり、これを材積に換算した値が表9-7である。

表 9-6 未利用木材発電所における燃料材利用量（重量）

	（単位:BD万トン）											
	令和6年	令和7年	令和8年	令和9年	令和10年	令和11年	令和12年	令和13年	令和14年	令和15年	令和16年	令和17年
未利用2,000kW未満	42	52	56	60	62	63	64	64	64	59	57	57
未利用2,000kW以上	351	388	403	415	424	428	428	428	428	341	333	222
計	393	440	459	475	486	491	491	491	491	400	389	279

注:5MW=3.4万BDt/年

表 9-7 未利用木材発電所における燃料材利用量（材積）

	（単位:千m ³ ）											
	令和6年	令和7年	令和8年	令和9年	令和10年	令和11年	令和12年	令和13年	令和14年	令和15年	令和16年	令和17年
未利用2,000kW未満	931	1,148	1,249	1,331	1,375	1,402	1,415	1,415	1,415	1,317	1,256	1,256
未利用2,000kW以上	7,808	8,632	8,947	9,231	9,431	9,500	9,500	9,500	9,500	7,575	7,395	4,938
計	8,738	9,780	10,196	10,561	10,806	10,902	10,915	10,915	10,915	8,892	8,650	6,194

注:丸太材積換算率 1m³=0.45t

同様に一般木質・農作物残さ発電において利用する燃料材量（重量）を求めたものが表9-8であり、これを材積に換算した値が表9-9である。

表 9-8 一般木質発電所における燃料材利用量（重量）

	（単位:BD万トン）											
	令和6年	令和7年	令和8年	令和9年	令和10年	令和11年	令和12年	令和13年	令和14年	令和15年	令和16年	令和17年
一般木質	2,781	3,380	3,501	3,621	3,738	3,855	3,971	3,971	3,971	3,892	3,881	3,757

注:5MW=3.4万BDt/年

表 9-9 一般木質発電所における燃料材利用量（材積）

	（単位:千m ³ ）											
	令和6年	令和7年	令和8年	令和9年	令和10年	令和11年	令和12年	令和13年	令和14年	令和15年	令和16年	令和17年
一般木質	61,798	75,122	77,798	80,468	83,076	85,663	88,236	88,236	88,236	86,487	86,245	83,492

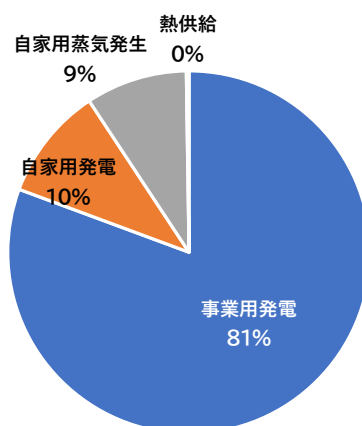
注:丸太材積換算率 1m³=0.45t

なお、一般木質・農作物残さ発電にあつては、国内で生産される一般木質燃料以外に輸入木質ペレット、PKSなどが利用されることに留意する必要がある。このため、木質バイオマス燃料材の需給見通しに当たっては、見通し年である令和12年、令和17年時点において、未利用材の木質バイオマス発電において利用される燃料材に木質バイオマス熱利用に必要な燃料材を加えた量が、国内の森林から供給可能な燃料材で最小限確保できるか

どうかを見極めることとし、供給量に余裕がある場合には、一般木質・農作物残さ発電において利用する構造を前提とした考えとする。

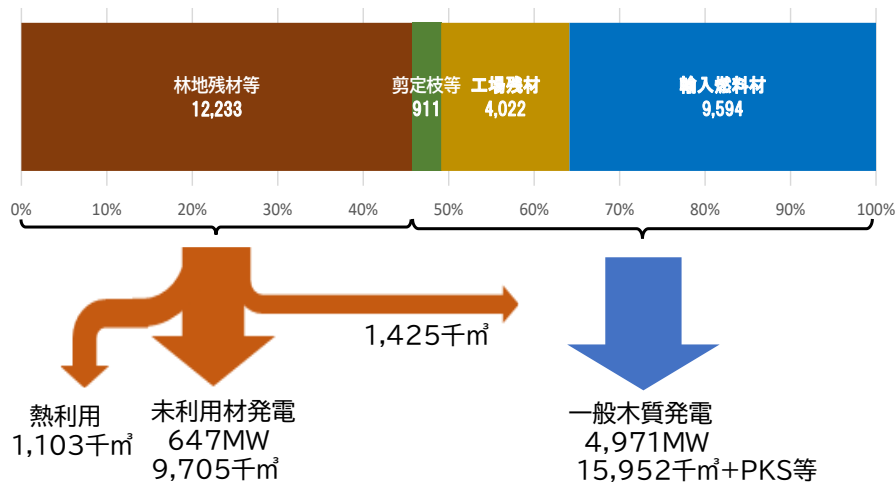
こうした構造は、以下のような木質燃料の利用状況から妥当と判断できる。

令和 6 年時点での我が国における木質バイオマス燃料材の利用状況を推定すると、建設廃材を除く燃料材の供給量は、林地残材等が 12,233 千 m³、剪定枝等が 911 千 m³、製材工場等残材が 4,022 千 m³、輸入燃料が 9,594 千 m³の合計 25,760 千 m³となっている。これら供給量のうち、林地残材等の 9%が熱利用に向けられ、林地残材等の残りの 9,705 千 m³が発電容量に相当する量として未利用材発電施設に、残余の 1,425 千 m³が一般木質・農作物残さ発電施設に向けられているものと考えられる。また、一般木質・農作物残さ発電容量に相当する燃料材利用量は、75,000 千 m³と見込まれるものの、その全量を木質燃料材で賄うことはできないことから、林地残材等から向けられた 1,425 千 m³に一般木質燃料となる剪定枝等、構造残材、輸入燃料材を加えた 15,952 千 m³が向けられ、不足分は PKS などの農作物残さによって賄われているものと考えられる。このように、一般木質・農作物残さの発電にあっては、木質燃料材の供給状況に応じて農作物残さの利用量によって調整が可能と考えられる。



資料：資源エネルギー庁「総合エネルギー統計2022年版」

図 9-8 木質バイオマスエネルギーの転換量（令和 4 年）



発電導入容量当たり燃料材需要量
 5,000kW : 5.6万t/年(水分40%、設備利用率:85%)
 絶乾重量換算: 3.4万t/年
 丸太材積換算: 75千m³(換算係数0.45)

図 9-9 木質燃料供給量（建築廃材除く）単位：千m³

9.3. 燃料材供給量の見通し

9.3.1. 我が国における木材供給力

(1) 木材供給力推定の考え方

国内の森林から供給される燃料材の量を見通す場合、燃料材が用材生産に付随する性格と考えられることから、用材を含む木材の供給量を見通すことが必要である。しかしながら、現在、新たな森林・林業基本計画の策定作業において令和12年及び令和17年時点における木材需給量の目標を検討している段階であることから、具体的な燃料材の供給見通しを示すことは避ける。とはいえ、燃料材の需要量に対して燃料材の供給量がどの程度見込めるのかを把握することは必要である。

このため、この報告書では、林野庁「森林資源の現況」調査の令和4年3月末時点での人工林齢級構成を基準として、過去の人工林における主伐皆伐の実績を用いて、5年後、10年後、15年後となる令和9年、14年及び令和19年における人工林の齢級構成を推定し、令和9年から令和14年までの5年間ににおける年平均の主伐皆伐伐採材積及び令和14年から令和19年までの5年間ににおける年平均の主伐皆伐伐採材積を求め、それぞれの値を令和12年、令和17年における主伐皆伐による伐採材積とした。

また、過去の人工林における主伐皆伐の実績は、森林資源現況調査の対象年である平成29年3月末及び令和4年3月の5年間での齢級別面積の変化率（減反率）をもって把握し、更

にそれよりも5年及び10年遡った変化率を把握した上で、それらの平均値及び最大値を将来の伐採量見通しを求める場合の齢級別の伐採率とした。平均値以外に最大値を用いるのは、これまでの木材生産能力として労働力などの生産要素の確保が可能であったことから、供給力を推定する上では現実的であると判断したからである。

なお、伐採材積には、主伐皆伐以外に間伐、択伐、人工林以外での伐採も存在することから、平成29年から令和3年までの主伐皆伐由来の素材生産量と全素材生産量との差額を間伐・択伐等由来の素材生産量として、見通し年においてもこれと同じ量の素材生産量を見込むこととした。

(2) 人工林齢級構成の現状

森林資源現況調査による令和4年3月末時点での国有林、民有林を合わせた人工林面積及び蓄積はそれぞれ1,009万ha、3,545百万m³となっており、図9-10に示すとおりである。

同様に平成19年、平成24年、平成29年の各3月末時点における人工林の齢級構成も図9-11のとおりである。

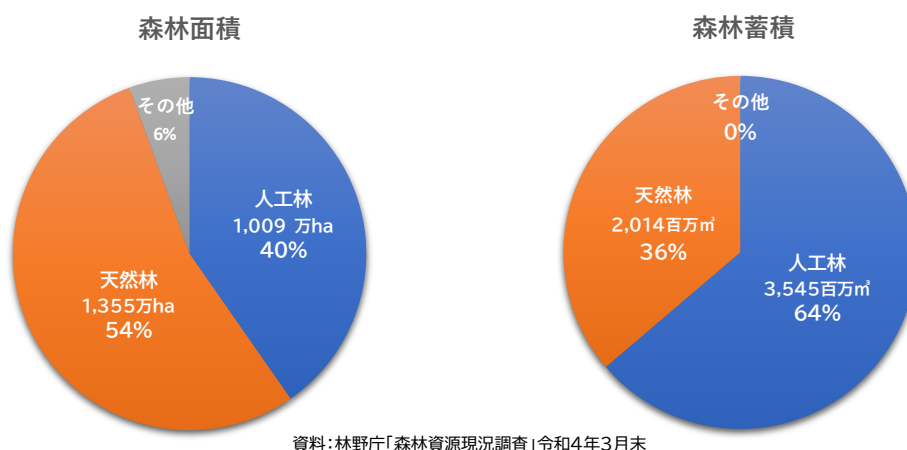


図9-10 我が国の森林面積及び蓄積

人工林の齢級構成をみると、平成19年においては、最も面積が大きいのは9齢級であり、平成24年では10齢級、平成29年には11齢級、令和4年には12齢級と移動している。これは時間の経過から当然の結果である。しかしながら、各年の最大値の面積は、次第に減少していることが理解できる。これは、当該齢級において当該調査年の5年間に皆伐が行われ人工林面積が減少したことを示している。当該齢級で行なわれた皆伐によって当該齢級の人工林面積は減少するが、跡地に造林してもその面積は1齢級の面積として計上されることとなることから、伐採対象齢級は増加することはない。このような減反率の性質を利用して、各齢級における調査年の5年間の減反率（皆伐状況）を

把握した上で、その状況が今後も継続するであろうことを前提として、5年後、10年後、15年後の人工林の齢級別面積を推定することができる。

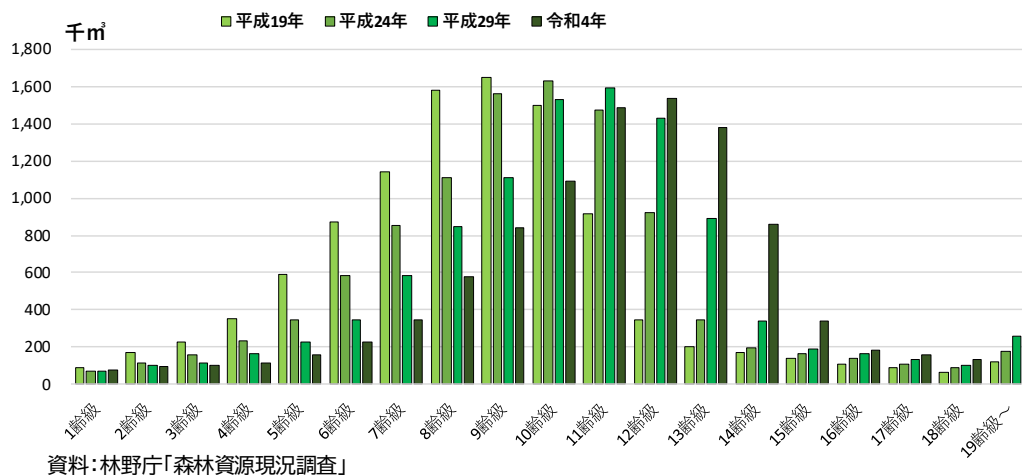


図 9-11 我が国の人工林の齢級別面積の変化

平成 19 年から平成 24 年までの 5 年間及び平成 24 年から平成 29 年までの 5 年間、平成 29 年から令和 4 年までの 5 年間の 3 時期における各齢級の減反率は表 9-10 のとおりである。

表 9-10 過年度における齢級別減反率

齢級	H19-H24	H24-H29	H29-R4	平均値	最大値
1 齢級					
2 齢級	130.49%	140.41%	143.22%	138.04%	143.22%
3 齢級	94.48%	99.70%	100.69%	98.29%	94.48%
4 齢級	101.72%	102.84%	98.74%	101.10%	98.74%
5 齢級	98.52%	96.95%	97.01%	97.49%	96.95%
6 齢級	98.46%	100.11%	102.35%	100.31%	98.46%
7 齢級	97.51%	99.61%	99.65%	98.92%	97.51%
8 齢級	97.26%	99.33%	99.65%	98.75%	97.26%
9 齢級	98.93%	99.71%	99.49%	99.38%	99.38%
10 齢級	98.93%	97.73%	98.54%	98.40%	97.73%
11 齢級	98.21%	97.59%	97.21%	97.67%	97.21%
12 齢級	100.27%	96.91%	96.43%	97.87%	96.43%
13 齢級	100.20%	97.01%	96.69%	97.97%	96.69%
14 齢級	97.05%	98.32%	96.42%	97.26%	96.42%
15 齢級	98.00%	97.96%	99.28%	98.41%	97.96%
16 齢級	97.97%	98.48%	97.85%	98.10%	97.85%
17 齢級	98.70%	97.68%	99.41%	98.60%	97.68%
18 齢級	97.07%	98.69%	98.54%	98.10%	97.07%
19 齢級～	95.48%	98.37%	99.45%	97.77%	95.48%

資料：林野庁「森林資源現況調査」

(3) 人工林齢級構成及び伐採量の見通し

過去3時期における減反率を用い、令和4年3月末の人工林齢級別面積を基準として、令和9年3月末及び令和14年3月末、令和19年3月末時点の齢級別面積を推定したものが、表9-11となる。

なお、1齢級に関しては減反率が存在しないことから、令和4年3月末時点の1齢級の面積を基準として、平成29年3月末時点での1齢級の面積から令和4年3月末時点の1齢級の増加率を基準年の面積に乗じた面積を計上することとする。

減反率によって推定した年度の人工林の齢級別面積による齢級構成図は、図9-12となる。

表9-11 人工林齢級別面積の将来推計

齢級	令和9年	令和14年	令和19年
1齢級	87,065	98,610	111,686
2齢級	106,114	120,185	136,121
3齢級	95,543	104,299	118,130
4齢級	104,048	96,594	105,446
5齢級	109,672	101,436	94,169
6齢級	159,315	110,012	101,750
7齢級	226,782	157,594	108,824
8齢級	342,119	223,947	155,624
9齢級	576,238	339,998	222,559
10齢級	828,146	567,018	334,558
11齢級	1,066,513	808,850	553,806
12齢級	1,454,986	1,043,796	791,621
13齢級	1,504,252	1,425,450	1,022,607
14齢級	1,342,655	1,463,035	1,386,393
15齢級	847,405	1,321,307	1,439,773
16齢級	330,726	831,304	1,296,202
17齢級	183,264	326,096	819,666
18齢級	157,719	179,782	319,900
19齢級～	480,730	624,212	786,065
合計	10,003,292	9,943,525	9,904,900

資料：林野庁「森林資源現況調査」により推計

注：単位はha、1齢級の面積は過去の浸食面積から推定

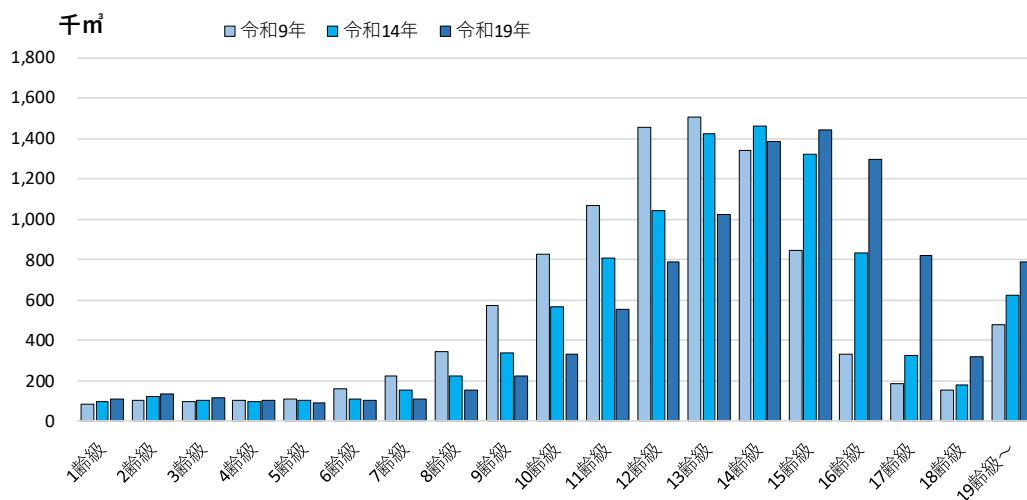
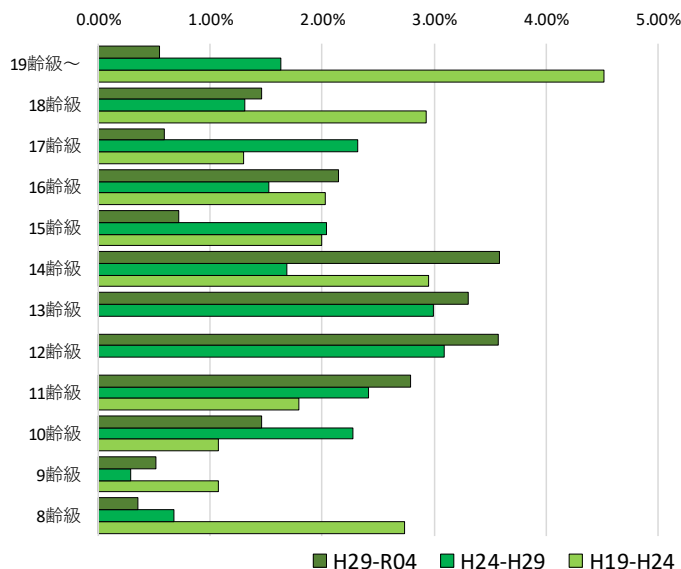


図 9-12 過去の減反率平均値を用いた人工林の齢級別構成の見通し

令和 9 年、令和 14 年及び令和 19 年における人工林の齢級別面積を推定した上で、各推定年における齢級別の面積を基準として、推定年からの 5 年間に於いて、各齢級でどれだけの面積が皆伐されるのかを過去の減反率を用いて推計する。

この場合、用いる減反率は、過去の 3 時期の各齢級における減反率の平均値及び最大値とする。また、主伐の対象とならない幼齢林では、減反率がマイナスを示しているものも存在することから、この報告書では、30 年生以上の人工林として 7 齢級以上を対象とすることとした。7 齢級以上の各齢級の 3 時期の減反率の変化を示したものが図 9-13 である。



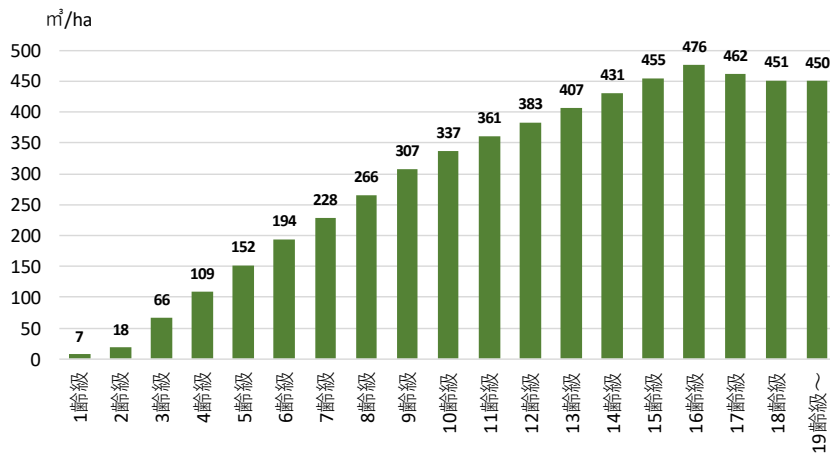
資料：林野庁「森林資源現況調査」

図 9-13 過去の齢級別減反率の変化

各齢級における令和4年から令和9年まで、令和9年から令和14年まで、令和14年から令和19年までの各期間での皆伐面積が求められれば、便宜上、それら期間における各年の皆伐面積は5年間の年平均面積を用いることとする。

各年における皆伐面積が求められれば、各齢級での人工林のha当たり平均材積(図9-14)を皆伐面積に乗じて、年平均伐採材積を算出し、各齢級での年平均伐採材積を合計した値が、対象年における主伐皆伐材積となる。

減反率の平均値、最大値によって求めた各推定期間における齢級別の皆伐伐採材積及びその合計値は、それぞれ表9-12、表9-13となる。



資料：林野庁「森林資源現況調査」令和4年3月31日現在

図9-14 人工林の齢級別 ha 当たり蓄積量

表9-12 減反率の平均値を用いた伐採材積推計

齢級	皆伐面積 (年平均：単位ha)			皆伐材積 (年平均：単位千m³)		
	R4-R9	R9-R14	R14-R19	R4-R9	R9-R14	R14-R19
7齢級	495	344	238	113	78	54
8齢級	866	567	394	230	151	105
9齢級	719	424	278	221	130	85
10齢級	2,693	1,844	1,088	908	621	367
11齢級	5,089	3,859	2,642	1,837	1,393	954
12齢級	6,333	4,543	3,446	2,426	1,740	1,320
13齢級	6,234	5,907	4,238	2,537	2,404	1,725
14齢級	7,565	8,243	7,811	3,261	3,553	3,367
15齢級	2,738	4,270	4,652	1,246	1,943	2,117
16齢級	1,281	3,220	5,021	610	1,533	2,390
17齢級	520	926	2,328	240	428	1,075
18齢級	611	696	1,239	276	314	559
19齢級～	2,193	2,847	3,586	987	1,281	1,614
計	37,337	37,690	36,961	14,892	15,569	15,732

表9-13 減反率の最大値を用いた伐採材積推計

齢級	皆伐面積（年平均：単位ha）			皆伐材積（年平均：単位千m ³ ）		
	R4-R9	R9-R14	R14-R19	R4-R9	R9-R14	R14-R19
7齢級	1142	779	535	260	178	122
8齢級	1,899	1,225	836	505	326	222
9齢級	719	418	270	221	128	83
10齢級	3,821	2,616	1,520	1,288	882	512
11齢級	6,093	4,590	3,142	2,200	1,657	1,134
12齢級	10,615	7,579	5,709	4,065	2,903	2,186
13齢級	10,164	9,490	6,776	4,137	3,863	2,758
14齢級	9,884	10,630	9,925	4,260	4,581	4,278
15齢級	3,513	5,431	5,840	1,599	2,471	2,657
16齢級	1,450	3,627	5,607	690	1,727	2,669
17齢級	862	1,531	3,830	398	707	1,769
18齢級	942	1,064	1,888	425	480	852
19齢級～	4,445	5,655	6,992	2,000	2,545	3,147
計	55,549	54,635	52,870	22,048	22,448	22,389

また、実際の伐採材積には人工林の主伐皆伐材積のほかに人工林の間伐材積、択伐材積及び天然林での伐採材積がある。このため、過年度における人工林の主伐皆伐材積と素材生産量との差をそれら伐採材積と見なすこととする。

今回の推計作業に当たっては、平成29年度から令和3年度までの5年間の人工林主伐皆伐材積である16,599千m³を同期間における全体の素材生産量から差し引いて主伐皆伐材積以外の生産量となる。ただし、伐採材積と素材生産量とを単純に差し引くことはできないので、伐採材積に歩留まり75%を乗じた材積を素材生産量として推計することとする。

表 9-14 過去5年間の素材生産量

単位：千m³

	合計	用材計	製材用	合板用	チップ用	その他用	シイタケ	燃料材
平成29年	29,660	23,312	12,632	4,122	5,193	1,365	311	6,037
平成30年	30,202	23,680	12,563	4,492	5,089	1,536	274	6,248
令和元年	30,989	23,806	12,875	4,746	4,651	1,534	251	6,932
年平均	18,170	14,160	7,614	2,672	2,987	887	167	3,843
令和2年	31,134	21,980	11,615	4,195	4,420	1,750	242	8,912
令和3年	33,722	24,128	12,861	4,661	4,744	1,862	246	9,348

皆伐材積 16,599 千m³（減反率から算出）

素材換算 12,449 千m³（歩留まり0.75）

択伐・間伐 21,273 千m³

人工林主伐皆伐材積である16,599千m³に75%を乗じた12,449千m³が人工林主伐皆伐による素材生産量であり、同期間における全体の年平均素材生産量である31,141千m³から差し引いた18,692千m³が人工林の間伐、択伐及び天然林での伐採によって生産された素材量となる。

なお、燃料材の供給可能性を見通す際においては、間伐、択伐等からの素材生産量の実績値を用いて人工林の主伐皆伐による素材生産量に加えて推計することとする。

9.3.2. 燃料材の供給量可能量

新たな森林・林業基本計画における目標年である令和12年及び令和17年が含まれる期間の素材生産量について、2.3.1.において推計したものを改めて計上したものが表9-15である。

表 9-15 素材生産量の見通し

単位：千 m^3

	H29-R04	R4-R9	R9-R14	R14-R19
平均値	16,599	14,890	15,570	15,731
最大値	16,599	22,048	22,446	22,389

素材換算値(伐採材積×75%)

単位：千 m^3

素材換算	H29-R04	R4-R9	R9-R14	R14-R19
平均値	12,449	11,168	11,678	11,798
最大値	12,449	16,536	16,835	16,792

素材生産見通し(皆伐+択伐・間伐)

単位：千 m^3

	H29-R04	R4-R9	R9-R14	R14-R19
平均値	33,722	32,441	32,951	33,071
最大値	33,722	37,809	38,108	38,065

我が国における素材の供給可能量は、森林資源の状況や林業労働力等の生産資源を踏まえ、過去の減反率の平均値と最大値を用いて供給可能範囲として示すこととする。

これによれば、令和12年において30,370千 m^3 から35,527千 m^3 の範囲内となり、令和17年には30,490千 m^3 から35,484千 m^3 の範囲内となるものと見込まれる。

素材生産量の推計値から、燃料材がどの程度供給可能であるのかを求めたものが表9-16となる。これは、素材生産量に1.3.において提示した燃料材供給量の上限が幹材積の35%であることを踏まえ、各素材生産見通し量に35%を乗じた数量としている。

表 9-16 国内燃料材供給材積 (素材生産量×35%)

単位：千 m^3

	R5実績	R4-R9	R9-R14	R14-R19
平均値	8,739	11,354	11,533	11,575
最大値	8,739	13,233	13,338	13,323

9.4. 燃料材の需給見通し

以上の燃料材供給可能量の見通しを用い、2.2. で推定した燃料材の需要見通しに対して、燃料材の供給が可能であるかどうかを見極める。この場合、国内における森林における林地残材由来の燃料材供給可能量であることから、未利用材発電施設における利用量との比較とする。

令和 7（2025）年時点では、利用量が 9,780 千 m^3 であるのに対し、供給可能量が 10,451 千 m^3 ～12,330 千 m^3 であることから、供給可能量が利用量を上回り、671 千 m^3 ～2,550 千 m^3 が一般木質・農作物残さ発電施設に供給されていると見込まれる。

令和 12（2030）年においては、燃料材の供給可能量が 10,672 千 m^3 ～12,434 千 m^3 へと令和 7（2025）年に比べ微増となるものの、燃料材の利用量も 10,915 千 m^3 へと増加することから、過去の減反率の平均値を用いた燃料材供給可能量の場合、286 千 m^3 だけ供給量が不足することが予想される。ただし、供給可能量の範囲であることから、未利用材発電施設への国内燃料材の供給は可能であると考えられる。

令和 17（2035）年では、燃料材の供給可能量が 10,627 千 m^3 ～12,420 千 m^3 へと減少することとなるが、FIT/FIP 制度の調達期間が終了する発電施設のうち発電事業から撤退する事業者も現れることから燃料材利用量が減少し、燃料材供給可能量との差が大きくなるものと見通される。

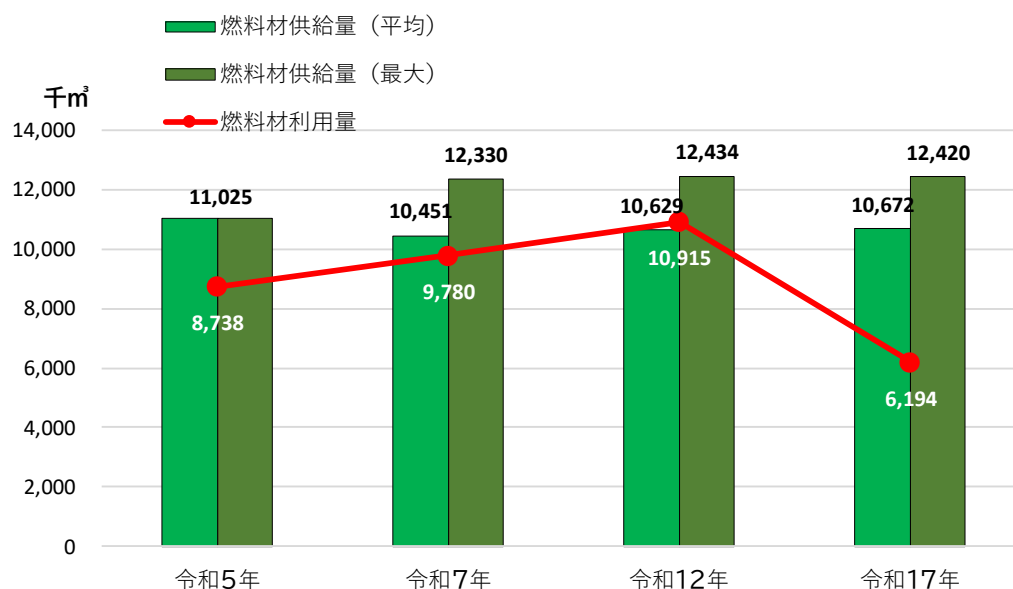


図 9-15 国内木質燃料材の供給可能量と未利用材発電燃料材利用量

なお、未利用材発電施設における燃料材利用量以外に国内生産燃料材は熱利用分野においても利用されていることから、熱利用向けに利用されていると推定される 1,103 千 m^3 が将来とも大きな変化がないものとして燃料材の需給量を見通したものが表 9-17 となる。こ

れによっても燃料材供給量の最大値に対して利用量が将来とも下回っていることから未利用材の燃料材利用に関しては供給可能量の範囲内にあると推定される。

表 9-17 一般木質発電への供給可能量

(単位:千m³)

	令和5年	令和7年	令和12年	令和17年
平均値	1,184	▲ 432	▲ 1,388	3,375
最大値	1,184	1,447	417	5,123

表 9-18 未利用材利用量 (発電+熱利用)

(単位:千m³)

	令和5年	令和7年	令和12年	令和17年
発電	8,738	9,780	10,915	6,194
熱利用	1,103	1,103	1,103	1,103
計	9,841	10,883	12,018	7,297

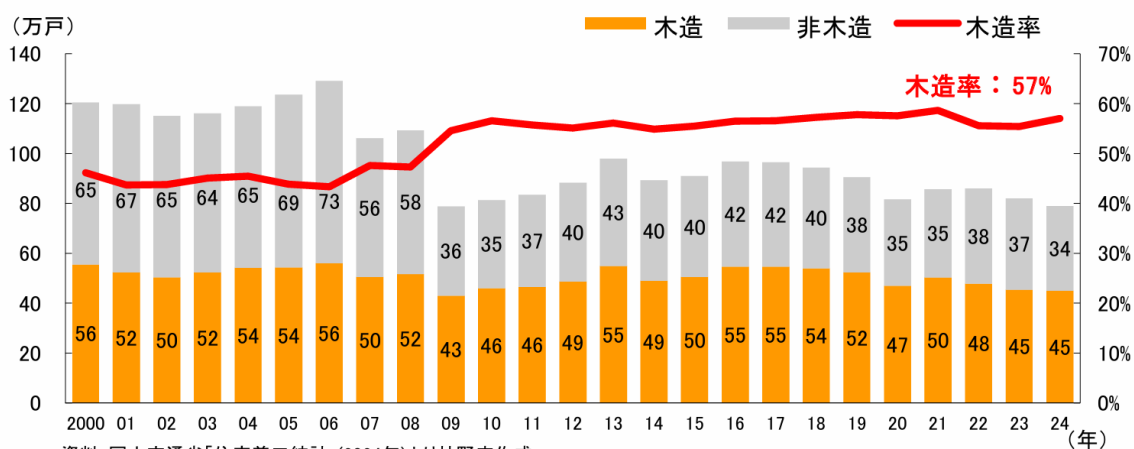
9.5. (参考) 我が国の木材需要量決定要因

本報告では、国内の森林から供給可能な木材量を推定した上で燃料材の供給可能量を見直し、木質バイオマス発電における未利用材需要量の見直しとの比較を行った。

本来であれば、国内における木材需要量を推計することによって、木材需給見直しを行うべきものであるが、その作業は新たな森林・林業基本計画の策定作業に譲ることとしている。

そうした考えではあるものの、参考までに国内の木材需要量を決定する要因として重要なものについて掲載しておくこととした。

1.1.1. 新設住宅部門



資料:国土交通省「住宅着工統計」(2024年)より林野庁作成。

注:新設住宅着工戸数は、一戸建、長屋建、共同住宅(主にマンション、アパート等)における戸数を集計したもの

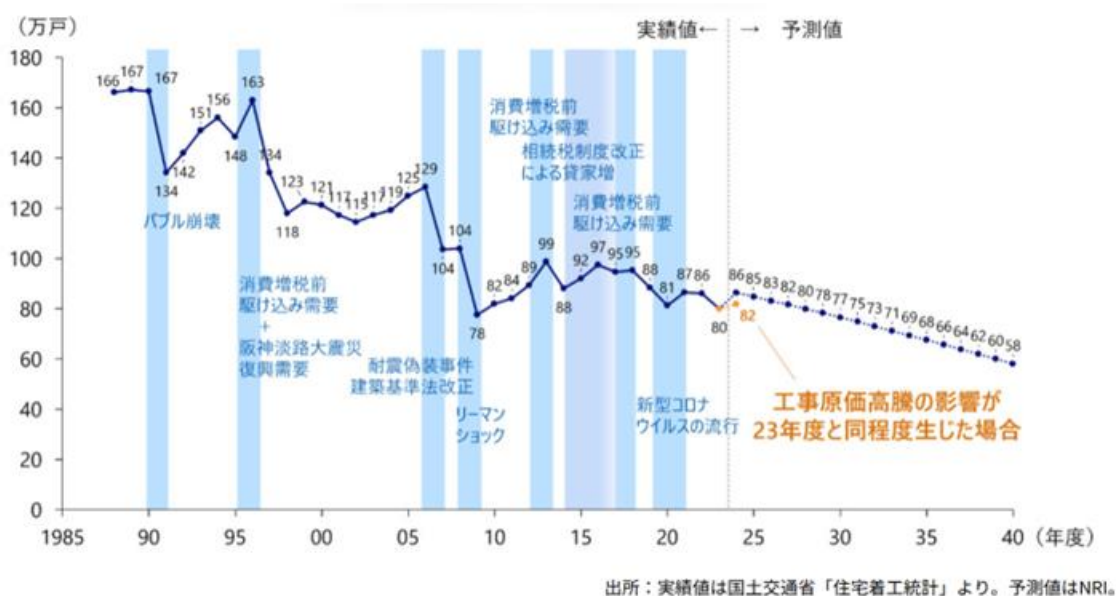
参考図1 新設住宅着工戸数の推移

木材の最大の需要先は住宅建築分野である。

新設住宅着工戸数は、2000年代に120万戸ほどで推移していたが、2008年のリーマンショックの影響から2009年には70万戸台まで大きく減少した。その後も100万戸台まで回復することなく80万戸程度で推移している。また、我が国の人口も2008年に減少に転じており、少子化の進展によってその進捗は加速化することが見込まれている。

一方、新設住宅着工戸数のうち、木造住宅の着工戸数をみると、リーマンショック後においても1割程度減少したに過ぎず、住宅着工戸数全体に比べ影響は小さい。この結果、新設住宅着工戸数の木造率は50%を上回る状況となった。しかしながら、今後、木造率が大きく高まることは考えにくい。

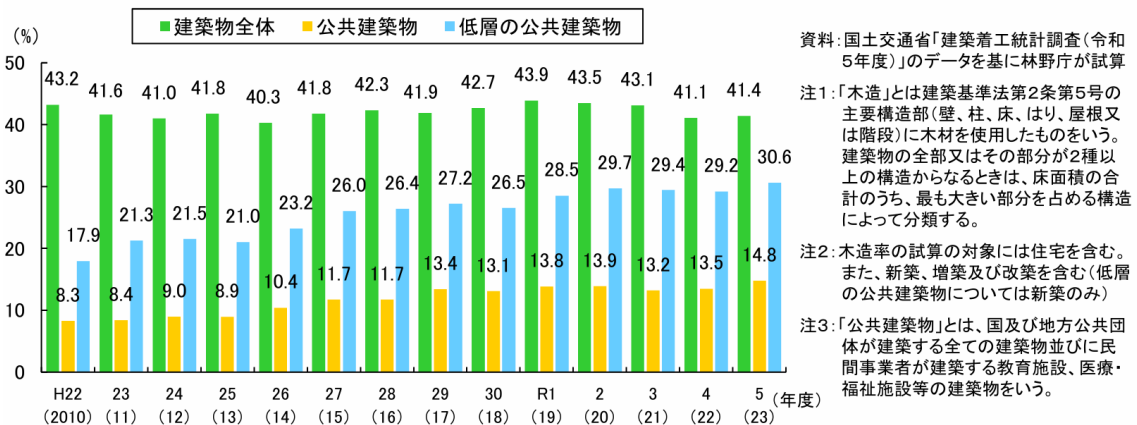
こうした状況をみれば、今後、新設住宅着工戸数は更に減少するものと考えられ、国内の木材需要量の減少要因とならざるを得ない。野村総合研究所の住宅着工見通しによれば、令和12(2030)年には77万戸、令和17(2035)年には68万戸にまで減少するとしている。



参考図2 住宅着工戸数の見通し (野村総合研究所)

1.1.2. 新設非住宅部門

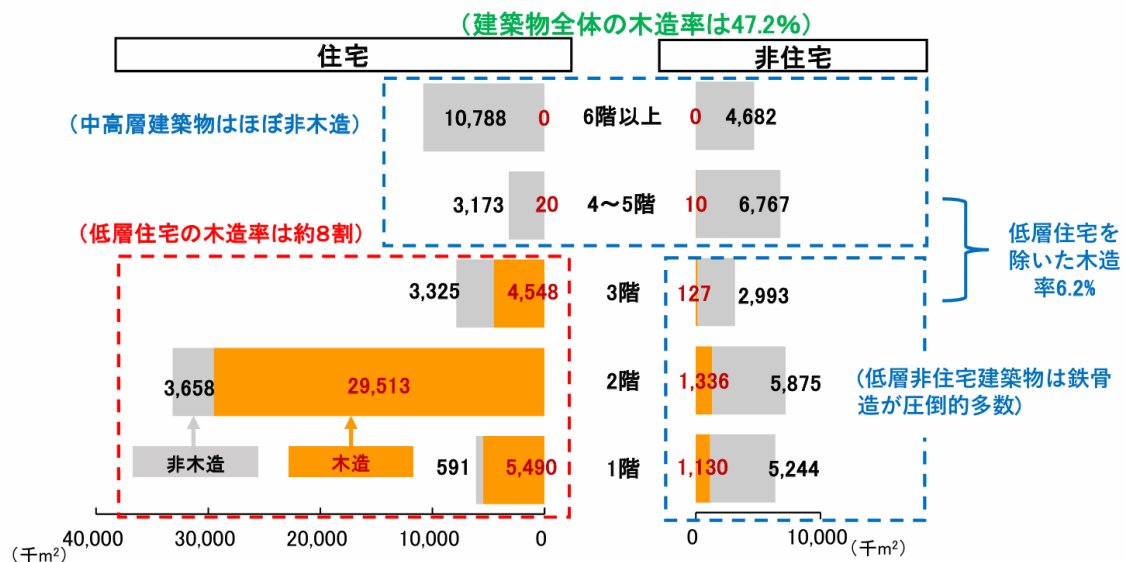
住宅建築部門以外で木材が利用されている分野として非住宅部門がある。建築物全体について、その木造率をみると、全体では住宅部門の木造率の高さが影響して40%を上回る水準で推移している。一方、公共建築物の木造率は、近年、若干上昇する傾向にあるものの4%程度と低い水準である。なお、本来、木造により建築することが容易な低層の公共建築物にあっても、30%前後と建築物全体の40%を大きく下回っている。



図参考3 建築物の木造率の推移

住宅、非住宅別に具体的な建築物の階層区分ごとに延べ床面積及びそれに占める木造床面積を示したものが参考図4である。

これによれば、低層の住宅にあつては木造率が8割ほどに達しているのに対し、公共建築物を含む非住宅での木造率は僅かとなっている。このため、今後、国内の木材需要を確保していくためには、低層の非住宅、とりわけ低層の公共建築物における木造化を推進していくことが重要である。



資料: 国土交通省「建築着工統計調査2024年」より林野庁作成。
注: 「住宅」とは居住専用住宅、居住専用準住宅、居住産業併用建築物の合計であり、「非住宅」とはこれら以外をまとめたものとした。

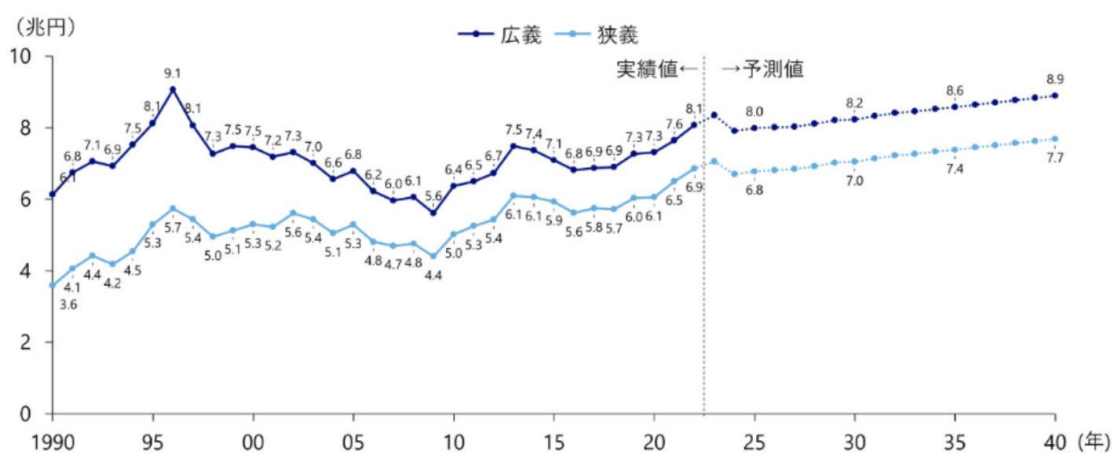
図参考4 階層別・構造別の着工建築物の床面積

1.1.3. リフォーム部門

建築物の新設部門以外に木材需要が期待できる部門としてリフォーム部門がある。

野村総合研究所による予測では、リフォーム需要は、今後拡大すると見込まれ、令和5年時点における事情規模として8.1兆円であったものが、令和12年には8.2兆円、令和17年委は8.6兆円にまで拡大するとしている。

また、リフォーム需要の市場規模の拡大に合わせ、近年の住環境に対する志向の高まり等から、内装木質化のニーズも高まっている。現在、リフォームに際しての木材利用量は極めて少量であり、今後、その拡大余力は大きいものと思われる。



出所：実績値は住宅リフォーム・紛争処理支援センター「住宅リフォームの市場規模」より。予測値はNRI。

図参考5 リフォーム需要の見通し（野村総合研究所）

10.燃料材の分配要素と方向

10.1. 調達区分ごとの電力調達価格

燃料材の供給量及び需要量は、燃料材の取引価格と生産コストによって決定される。

現在、再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法に基づき、再生可能エネルギーの一つである木質バイオマスによる発電に関しては、木質バイオマス燃料の確保が可能となる水準での価格によって電力調達が行われている。

木質バイオマス発電における調達区分として、未利用材、一般木質、その他に区分され、さらに、未利用材については2,000kW未満及び2,000kW以上、一般木質については10,000kW未満、10,000kW以上、その他については建設資材廃棄物及びその他バイオマスに分かれている。それぞれの燃料による調達価格は表10-1のとおりである。

なお、一般木質発電の10,000kW以上については、入札によって調達価格が決定されており令和6(2024)年時点では17.8円/kWhであった。また、当該区分については令和8(2026)年度から新規の認定が行われないこととなっている。

表 10-1 調達区分ごとの調達価格

調達区分		1kWh当たり調達価格													
		2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度
未利用材	2,000kW以上	32円													
	2,000kW未満	40円										地域活用要件 2000kW未満			
一般木質	10,000kW以上	24円					24円(*)	入札制 20.6円	入札制 19.6円	入札制 19.6円	入札制 18.5円	入札制 18.0円	入札制 17.8円	入札制 17.8円	入札制 事前非公表
	10,000kW未満	24円										地域活用要件 2000kW未満			
その他	建設資材廃棄物	13円													
	その他バイオマス	17円													

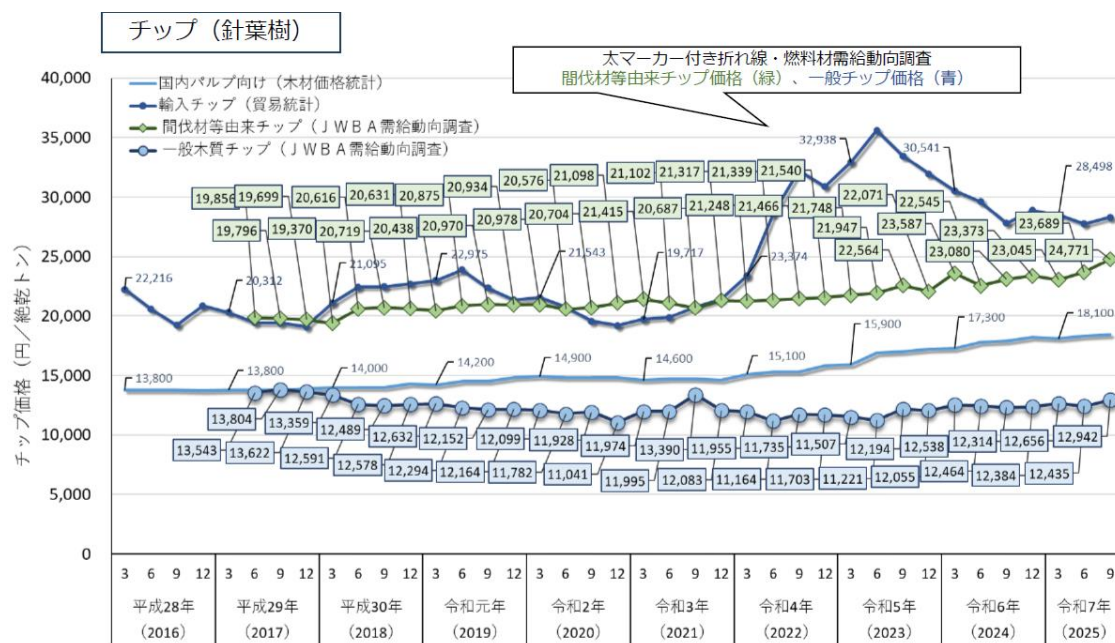
(*) 2017年10月～2018年3月の間、20,000kW以上は21円

注:2022年度以降新規認定事業者(事業計画の変更を含む)は、ライフサイクルGHGの公表が義務化

10.2. 木質チップの買入れ価格

調達区分ごとの調達価格によって電力が買い取られるが、実際に燃料段階においてはどの程度の取引水準となっているかを理解することが重要である。このため、弊協会では、林野庁の補助事業「地域内エコシステム」リビングラボ事業の「燃料材のサプライチェーン実態調査」（木質バイオマス燃料の需給動向調査）により、国内で稼働している木質バイオマス発電へのアンケート調査を四半期ごとに実施し、発電所において取引されている木質チップ価格を把握している。

その結果が図 10-1 となる。これによれば、令和 6 年度における発電所において買入れる未利用材の木質チップ価格は、平均で 23,121 円/絶乾トンとなった。これに対し、一般木質の買入れチップ価格は 12,452 円/絶乾トンであった。



※年度ごとに第 1～4 四半期を通じて回答のあった発電事業者を対象に集計しました。
(年度により、回答のあった事業者が異なるため、年度間の比較には注意が必要です。)

図 10-1 発電所における燃料用木質チップの調達価格の推移

未利用材の木質チップは、供給元が森林経営計画策定森林、国有林、保安林からのものとされており、供給量が大幅に増加することがない。このため、発電所の新規導入などにより未利用材の需要が増加すれば、発電所における経営を維持できる範囲、つまり、発電コストの圧縮努力の範囲内において、買入れ価格が上昇することとなり、実際の価格も上昇傾向にある。

これに対し、一般木質の発電所においては、燃料区分として輸入木質ペレット、農作物残さである PKS による代替が可能であることから、国内の一般木質チップの買入れ価格はほぼ横ばいで推移している。

上記の木質チップ価格 23,121 円は、絶乾トン当たりとしているが、木材供給側では一般的に丸太材積 1 m³当たりの価格で取引されていることから、木質チップ価格を丸太材積当たりの価格に換算する。この場合、絶乾状態の木質チップ 1 トンの 1/2.2 が丸太材積になることから、未利用材の木質チップ価格は、丸太 1 m³で 10,510 円となる。これを木質チップの状態でのかさ材積 1 m³あたりにすれば、材積が 3 倍になることから価格は 3 分の 1 の 3,503 円となる。

同様に、一般木質チップでは、チップ段階で 12,452 円/絶乾トンであり、丸太材積あたりに換算すれば、5,660 円/m³であり、木質チップ状態では 1,887 円/かさ m³となる。

10.3. 木質チップの供給コスト

国内の森林から供給される木質チップについて、供給コストがどの程度であるのかを把握することにより、燃料材の需要に対して供給が可能であるのかを判断する必要がある。

燃料材の供給コストについては、弊協会が令和 6 年度に林野庁補助事業「林地残材等利用環境整備事業」によって調査したデータによって林地残材の一般的な供給方法に当てはめた供給コスト試算によって明らかにすることができる。

同調査では、林地残材の供給システムを現地の状況に応じて以下のようにパターン化した上で、それぞれの供給コストを把握している。

パターン① ha 当たりの林地残材量が多く、移動式チップパーによって山土場でのチップングを行う方法

パターン② 複数の皆伐箇所の林地残材を中間土場に集積し、移動式チップパーによってチップングを行う方法

パターン③ 林地残材をチップ工場に集積し、チップングする方法

各パターンでの一般的な木質チップ供給コストは表 10-2 となる。これによれば、いずれのパターンの林地残材供給であっても、発電所着までの直接費コストは発電所において買い取る価格を下回っている。ただし、直接費以外に間接費、利潤なども考慮する必要がある。

一方、国内の林地残材を一般木質の発電所に納入する場合は、多くの場合、発電所での買取価格よりも木質チップの供給コストが上回っていることから、熱利用の需要に向けられるか、限定的な供給にならざるを得ない。

表 10-2 木質チップ供給コスト

林地残材供給コスト(円/t)

	チップ製造費	トラック積載費	トラック輸送費			合計(水分50%)			合計(絶乾t)			未利用材での利益率		
			10km	50km	70km	10km	50km	70km	10km	50km	70km	10km	50km	70km
山土場	5,351	490	1,831	2,893	3,192	7,672	8,734	9,033	15,344	17,468	18,066	34%	24%	22%
中間土場	6,049	490	1,831	2,893	3,192	8,370	9,432	9,731	16,740	18,864	19,462	28%	18%	16%
チップセンター	7,675	490	1,831	2,893	3,192	9,996	11,058	11,357	19,992	22,116	22,714	14%	4%	2%

発電所引き取り価格(木質バイオマス燃料需給動向調査:令和6年平均)

未利用材 23,121 円/t(絶乾)

一般木質等 12,452 円/t(絶乾)

製紙用チップ 17,300 円/t(絶乾)

一般木質等としての供給は、輸送距離にかかわらず採算割れ

未利用材としての供給は、チップセンターチップングの場合、輸送距離によって採算割れになる可能性

また、国内で取引されている製紙用針葉樹チップの取引価格が、17,300 円/絶乾トンであることから、未利用材の要件を満たした燃料材であれば、未利用材の発電所での燃料材に向けられる可能性がある。

10.4. 今後の国内燃料材の供給の方向

木質の燃料材は、発電向け、熱利用向けにその価格水準によって供給分配される。しかしながら、これら燃料材以外にも、肥育牛、乳用牛の飼料、CNF などの原料への利用も生まれている。さらには、SAF 原料としての利用する期待も高まっている。

森林から供給される木質資源は、再生可能な資源であることは論を待たないが、国内の森林から供給できる木質資源の量は、森林が成長する範囲内でなければならず、年間における森林の成長量は限られる。また、森林の中には、伐採行為ができない森林も少なくない。さらに、国内の林業生産活動からすれば、木質資源は製材用材などマテリアル向けの生産が本質であり、燃料材はそうした生産過程で発生する付随物である。

こうしたことから、燃料材の供給量は限定的なものとならざるを得ない。

現在、行政施策として、FIT/FIP 制度によって木質バイオマス燃料材の発電への供給が確保されていることから、FIT 制度による調達制度の期間及び FIT 制度の趣旨に照らし FIT 制度終了後においても相当量の木質バイオマス発電を維持する上で必要な木質燃料材を供給する必要がある。

ただし、将来的には、発電に向けられる木質燃料材の価格よりも高い水準での需要先が出現すれば、燃料材の供給先に変化が生じることとなる。

一方、価格によって燃料材の供給先が決定されることが妥当であると考えますが、国内の木質資源の生産量、供給量が一定量に限定されることを考えれば、地球温暖化対策として脱炭素化社会の構築が人類にとって喫緊の課題となっている中、最もエネルギー効率の高い分野に木質燃料材を傾斜配分していくことが合理的と考えられる。こうした考え方にに基づき、エネルギー効率のより高い分野での木質燃料材の利用に対する政策誘導が求められることになるのではないだろうか。

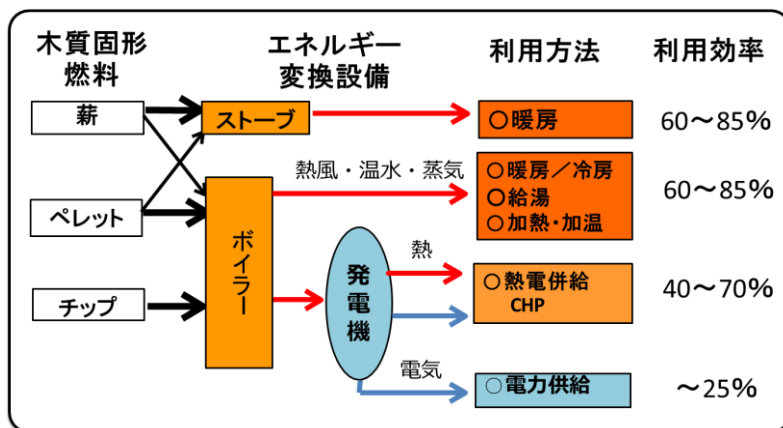
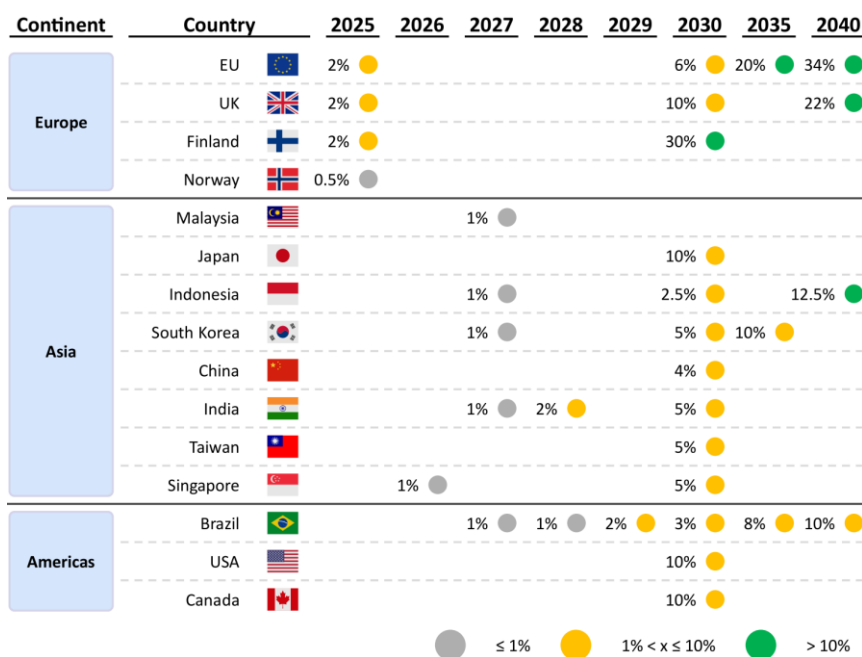


図 10-2 木質燃料材の利用区分と利用効率

11.SAF の製造・供給面／利用面に関する規制的措置、支援措置

SAF は従来の化石由来ジェット燃料と比較して高単価であるため、自然体での利用普及は想定し難く、自律的な製造拡大も想定し難い。また SAF 製造用の新たな設備投資を行うには巨額の費用を要する。このため、SAF の普及に向けては世界各地で「製造・供給」や「利用」に関する様々な規制的措置や支援措置が導入されている。日本においても、SAF 官民協議会等において、SAF の利用・供給拡大に向けた「規制」と「支援策」のパッケージが示されている。

まず、「規制」と「支援策」の双方に関わる基本的な方針として、各国・地域では SAF の長期的な導入目標が設定されている。日本では、SAF 官民協議会において国内の 2030 年 SAF の利用見込みとして、172 万 kL (図 2-4) が示されている。



出典：Rystad Energy Bioenergy Outlook 2025

図 11-1 世界各国の SAF 導入目標

日本では、「規制」措置の一つとして、エネルギー供給構造高度化法（以下、高度化法）に基づき、SAF の 2030 年の供給目標量を法的に設定し、その供給を対象事業者に義務付けることが予定されている。同法に基づき告示される「判断基準」に照らし、対象事業者の取

組状況が著しく不十分な場合には勧告、命令が措置され、命令に従わない場合には、罰則が適用される。

SAF の判断基準は表 11-1（抜粋）のように予定されている。SAF の供給量について、同判断基準では直接的に SAF の量や混合率を定めているわけではなく、表内のように GHG 排出量から目標量を定めている。また同判断基準では、同法に適合する SAF の定義として、ASTM D7566 及び D1655 への準拠を求めているが、CORSLIA 適格燃料（CORSLIA Eligible Fuels：CEF）であることは求めている。

表 11-1 エネルギー供給構造高度化法における SAF の判断基準（抜粋）

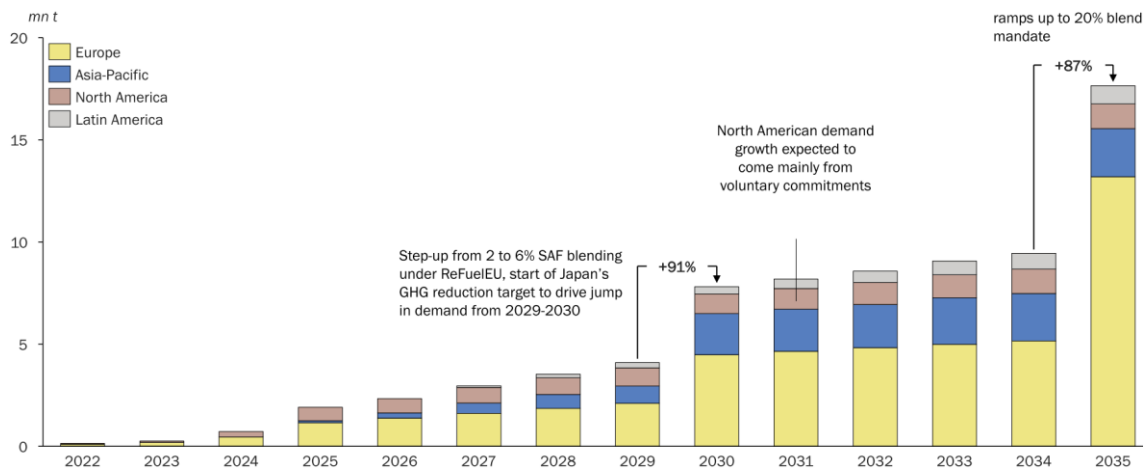
1. 供給目標量	対象期間における SAF の供給目標量を「2019 年度に日本国内で生産・供給されたジェット燃料の GHG 排出量の 5%※相当以上」とする。 ※2019 年度に日本国内で生産・供給されたジェット燃料×SAF の混合率 10%×GHG 削減効果 50%相当
2. SAF の定義	SAF の品質規格、対象製法は、国際標準に準じて、標準化団体の ASTM International が定める燃料規格である ASTM D7566、D1655 の規格を満たすものとする。
3. 対象期間	2030～2034 年度の 5 年間とする。

出典：SAF 官民協議会

もう一つの規制措置が、航空法に基づく「航空運送事業脱炭素化推進計画」である。航空各社は、航空脱炭素化推進基本方針に基づき各社が申請する脱炭素化推進計画において、2030 年の SAF の利用目標量（10%）を設定することが求められている。2026 年 1 月末時点で、ANA グループ、JAL グループ、AIRDO、スカイマーク、の 4 社・グループによる脱炭素化推進計画が認定されている。

法的義務に基づく SAF の世界需要（いわゆるコンプライアンス需要）を地域別に積み上げたものが図 11-2 である（※未施行の日本の高度化法も含む）。EU では、「持続可能な航空輸送における公平な競争条件の確保に関する規則（ReFuelEU）」により、SAF 混合義務比率が 2030 年から 6%へ上昇するなど、世界的な SAF コンプライアンス需要の高まりにより、2030 年以降、安価で入手しやすい SAF 及びその原料の需給バランスは一定程度タイトになると予想される。また、ここで示したコンプライアンス需要の他にも、SAF のボランティア需要の高まりも予想される。

また、車両燃料としてのリニューアブルディーゼル（HVO・e-ディーゼル）についても同程度の規模の需要が想定されており、現行世代の安価な原料の実質的な需給バランスは、さらにタイトになる可能性もある。



出典：APAC SAF Outlook 2025

図 11-2 世界の SAF コンプライアンス需要の見通し

SAF 支援策としては、国内ではグリーンイノベーション基金（約 511 億円）や、GX 経済移行債（5 年間で約 3,400 億円）等を活用した設備投資支援を行うほか、生産段階への支援策として、戦略分野国内生産促進税制により 30 円/L の税額控除が措置されている。

また、SAF 官民協議会は 2025 年 7 月に『更なる SAF 導入促進策検討タスクフォース』（導入促進 TF）を設置し、様々な支援策の検討が行われた。導入促進 TF では、SAF の利用側導入促進策を表 11-2 のように分類し、日本での導入可否について検討が行われた。

表 11-2 SAF 利用側導入促進策の類型

サプライチェーン	検討を行った利用側導入促進策	海外事例	施策概要
A	空港インセンティブ	スウェーデン イタリア イギリス等	各空港において、空港使用料等を財源にSAFの購入に対する補助を実施。空港にとっては、SAF供給という観点で優位性を確保。空港でのScope3排出の低減にも繋がる。
B	利用補助（SAF Allowance）	EU	EU-ETSでは、SAF使用量に応じて、排出枠を無償で割当て。
	SAFの支給（SAF Levy）	シンガポール	国が航空利用者等からSAF Levyを一括徴収。それによりSAFを購入し、エアラインへ支給。
C	サーチャージ	ドイツ フランス	燃油サーチャージのようにSAF価格においてもベンチマークを定め、指標変動に応じて相応の顧客負担を求めるもの。
	通常運賃への組込（オンチケ;許可制） 利用者選択式運賃（任意）	フィンランド等	航空運賃本体にSAFの負担額を追加料金として転嫁することで顧客負担を求めるもの。
D	環境価値証書(Scope3)の利用拡大	日本 アメリカ	エンドユーザーなどにおいて、環境価値のコスト負担。
	環境価値を考慮した公務員出張	—	世間の理解度向上、機運醸成のため、政府における率先行動。
	Book and Claim	調査中	SAFの実際の流通と環境価値を切り離すことで、製造・流通コストを削減し価格低減に繋げる。

出典：SAF 官民協議会

現時点、SAF の価格は従来のジェット燃料と比べて高価であるため、SAF の普及に向けては、そのコスト上昇分を航空利用者に適切に転嫁する仕組みが必要とされている。

この一例としてシンガポールでは、2026 年から「SAF Levy (賦課金)」の開始を予定している。シンガポールを出発する原則すべての旅客・貨物を対象に Levy を徴収し、それを原資として、国の機関が SAF を集中的に購入する仕組みとしている。また KLM オランダ航空では、従来からの燃油サーチャージに類似した「SAF サーチャージ」を、2022 年から EU 域内の利用者から徴収している。今後日本でも、航空利用者全体でコストを広く負担する仕組みについて検討を深める予定している。

ただし、これらの施策は SAF 全般を対象としており、「木質バイオマス」等の先進燃料のみに適用されるものではない。

SAF の種類・原料に着目した支援策の例とし、EU-ETS (排出量取引制度) では「SAF Allowance」を運用している。SAF は EU-ETS 上、CO2 排出量 0 扱いであることに加え、SAF の種類に応じて価格差を補填しており、高コストな先進的燃料に対する補填率を高めている。

表 11-3 SAF の種別ごとの補填率・モデル価格 (※1€=165 円換算)

No.	SAF種別	価格差への補填率	補填なし価格※1	補填後価格※1	補填額※1
1	非バイオマス由来再生可能燃料(RFNBO)	95%	約1,120円/L	約175円/L	約945円/L
2	非可食バイオSAF (EU REDⅢ Annex IX Part A原料由来)	70%	約395円/L	約205円/L	約190円/L
3	バイオSAF	50%	約275円/L	約200円/L	約75円/L
4	非化石由来低炭素合成燃料(ガス化FT合成)	50%	約800円/L	約465円/L	約335円/L

出典：SAF 官民協議会

また、木質バイオマスに特化した SAF の支援策も 1 つ確認された。米国アーカンソー州では、原料を木質バイオマスに限定した、SAF 製造施設に対する 30% の income tax credit (所得税額控除) が導入されている。この支援策には、設備投資総額 \$20 億以上、75 名以上の新規正規雇用等の条件が付されている。

今後日本でも、SAF の原料や製造技術に着目した支援策の検討が求められる。

12.SAF を巡る足元の状況（変化）

近年の世界的な物価高騰や金利上昇、政策的な支援措置の縮小等により、SAF や他の脱炭素燃料を巡る状況は、国内外いずれも非常に流動的であり、予見性に乏しい状況にある。本章では、SAF を巡る足元の状況変化を調査した。

12.1. 建設費高騰等による事業計画の見直し

国内での事業計画見直しの一つの事例が ENEOS 株式会社による GI 基金に基づく「合成燃料」技術開発である。本事業では、2022 年から、CO₂と再エネ由来水素を原料とする「合成燃料」の製造技術開発を進めてきたが、建設費の高騰等により、パイロットプラントの建設・試験の中止が 2025 年 10 月に決定された。同社では再エネ由来水素の代替として、より経済性の高いバイオマスを起点とした合成燃料の開発に切り替える（GI 基金外で実施する）方針を表明している。GI 基金により開発された技術のうち、FT 合成以降のプロセスについては、バイオマス熱分解等の別の合成ガス製造プロセス技術と組み合わせてそのまま適用することが可能である。

ENEOS の計画見直しは脱炭素に向けた多様な技術開発の足踏みという点では残念であるが、ブリッジ技術としての、相対的な安価なバイオマスに対する再評価への契機となったと考えられる。

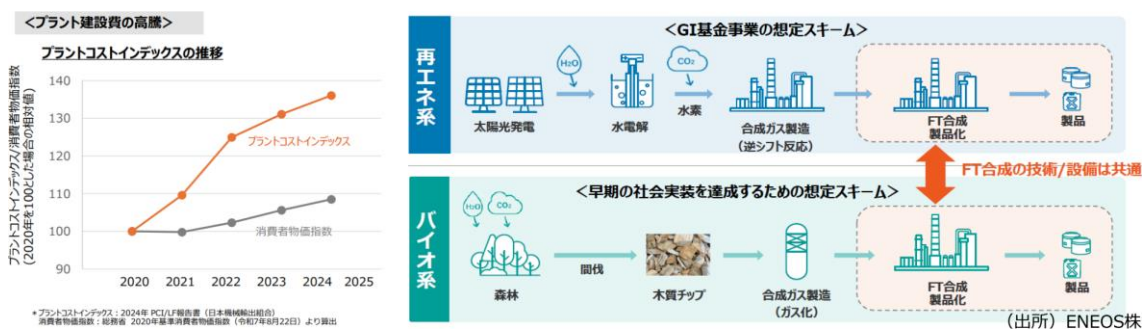
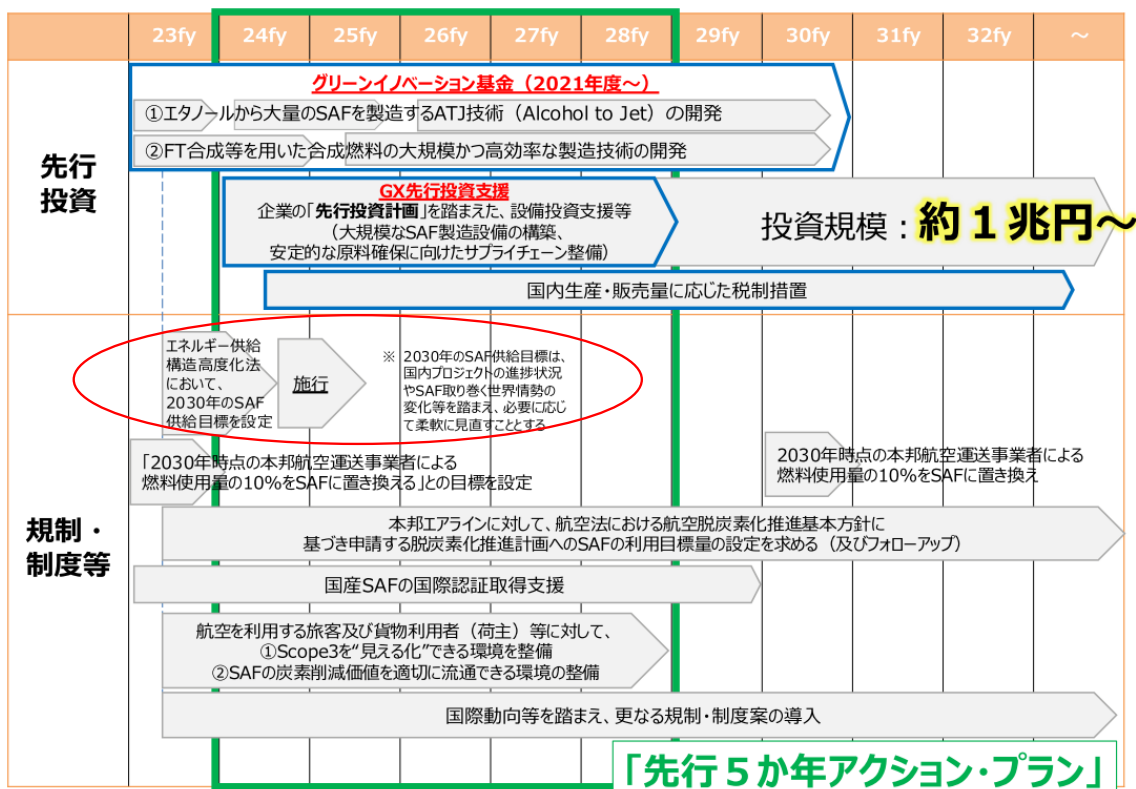


図 12-1 ENEOS による事業計画の見直し

ENEOS の事例以外にも、JERA による「水素混焼技術実証」や、出光による「グリーンアンモニア製造技術開発」の中止等、脱炭素技術開発に関する複数の大型プロジェクトが計画の見直しを決定している。インフレや為替変動による建設費等の高騰により、海外でも多数のプロジェクトが、中止/延期/縮小等を決定したことが報じられている。

12.2. 「規制・制度」面での遅れ（国内）

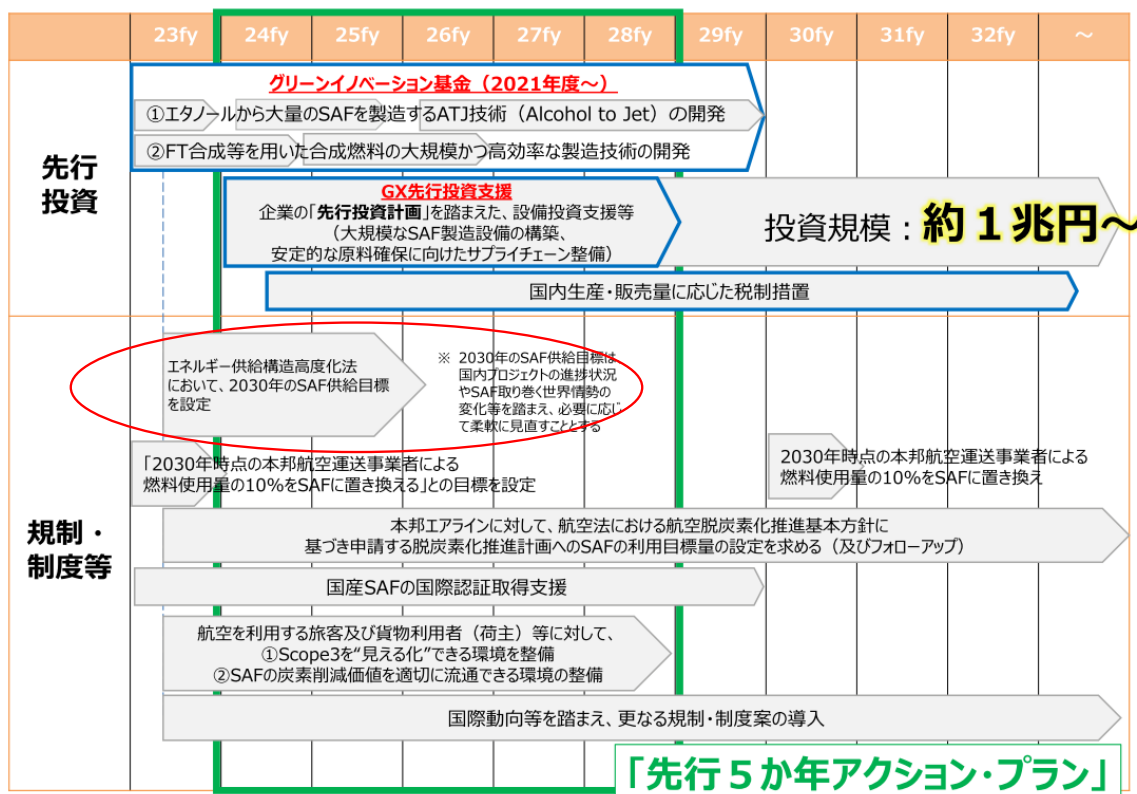
国の「GX 実行会議」では、重点分野での GX 投資を促進し、我が国における GX の実行を加速するため、2023 年 12 月に「分野別投資戦略（ver.1）」を策定した。同戦略の対象分野の一つが SAF である。同戦略は 2024 年 12 月に ver.2 として改定され、2025 年 12 月にはその ver.3 が策定された。



出典：分野別投資戦略 ver.2

図 12-2 分野別投資戦略 ver.2

ver.1 及び ver.2 では、同戦略のロードマップにおいて、「エネルギー供給構造高度化法において、2030 年の SAF 供給目標を設定」し、2024 年度後半から「施行」が予定されていたが、ver.3 では、「施行」の文字が消え、目標設定は 2026 年度まで遅れることが示された。



出典：分野別投資戦略 ver.3

図 12-3 分野別投資戦略 ver.3

2025年1月28日に第8回SAF官民協議会が非公開で開催され、今後のスケジュールが示されたが、高度化法による義務的なSAFの供給目標の施行日程は不明瞭な状態である。

このような背景もあり、将来的な木質バイオマスSAFの需要や供給量を蓋然性高く示すというアプローチを採ることは困難であると考え、本調査では、一定の前提条件・仮定を置いた場合の木質バイオマスSAFの需要ポテンシャルや供給量を試算するというアプローチを採用することとした。

13.日本の木質バイオマス SAF の需要と供給の推計

本章では、前章までの情報を踏まえ、日本の木質バイオマス SAF の需要と供給の推計を行うこととする。本章で試算した日本の木質バイオマス SAF の需要と供給は、蓋然性の高さを示すものではなく、一定の前提条件・仮定を置いた場合の試算であることに留意願いたい。

なお、この分野における重要な先行調査の一つとして、一般財団法人運輸総合研究所と株式会社三菱総合研究所による「我が国における SAF の普及促進に向けた課題・解決策」がある。同調査では、3つのシナリオに基づく、国内原料由来の SAF の製造ポテンシャルを推計しており、その推計まとめは表 13-1 のとおりである。

表 13-1 国内原料由来の SAF ポテンシャル推計 (万 kL/年)

	HEFA		ガス化FT合成、ATJ				木質 小計	ATJ	ガス化FT合成		PtL	合計
	廃棄 油脂	主産物 (油糧作物)	農業 残渣	森林 残渣	製材 残渣	建設発 生木材		主産物 (糖料作物)	一般 廃棄物	産業 廃棄物	CO2 ・水素	
①	5.0	3.2	73	87	1.4	2.2	90.6		3	17	514	706
②	5.6	3.2	73	106	3.1	3.4	112.5		259	17~118	514	984~1,085
③	21	3.2	106	122	64	55	241	2.3	306	118	514	1,313

出典：運輸総合研究所

同調査における3つのシナリオとは、

推計① 未利用量のみ SAF に振り向ける場合

推計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を SAF に振り向ける場合

推計③ 全ポテンシャルを SAF に振り向ける場合

である。

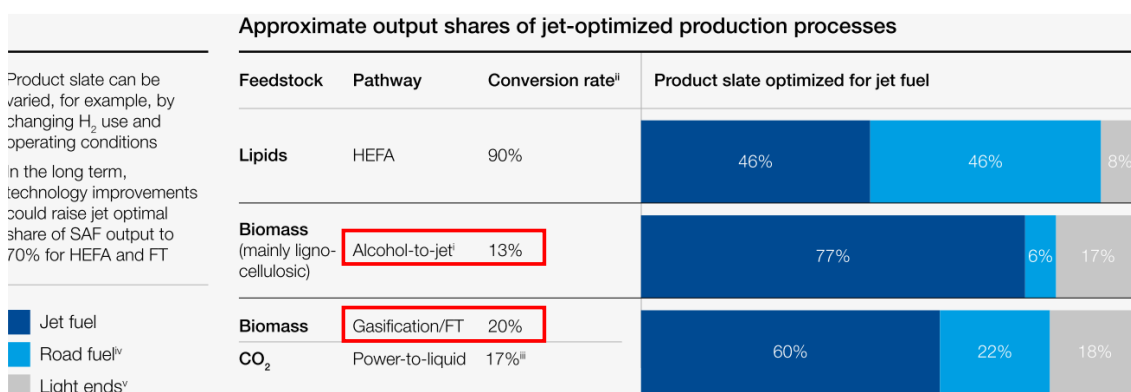
当協会調査においても、この先行調査や他の文献情報を参考としながら、検討を行った。

13.1. 木質バイオマスから SAF への転換率

SAF 用の木質バイオマス原料の消費量を試算する上で必要となる情報の一つが、木質バイオマスから SAF への転換率である。

世界経済フォーラム（WEF）の報告書「Clean Skies for Tomorrow Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation」（2020 年 11 月）では図 13-1 のように、木質バイオマスから SAF への転換率が示されており、木質バイオマス原料の使用が想定される ATJ 方式の転換率は 13%、ガス化 FT 合成（GFT）の転換率は 20%とされている。

当協会では事業者に対するヒアリング調査等を行い、現時点でも概ねこの数値が妥当であることの確認を行った。現実的には、バイオマスの中でもその種類の違いや、設備の仕様や規模等の違いにより転換率は異なると考えられるが、本調査の試算では、原則これらの転換率（ATJ：13%、GFT：20%）を基礎とすることとした。



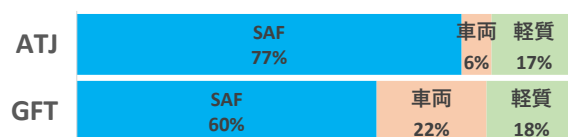
出典：WEF「Clean Skies for (略)」

図 13-1 パスウェイごとの転換率（赤枠は筆者）

木質バイオマスから SAF への転換率を、ATJ で 13%、GFT で 20%と設定することにより、純粹に SAF の原料となる木質バイオマス量はこの逆算で算出可能である。

ただし、SAF 生産に最適化された工程においても、一定比率で車両燃料（ガソリン/ディーゼル）や軽質炭化水素（LPG/ナフサ）も同時に生産されるため、現実の木質バイオマス原料使用量を推計するにはこれらの併産品を考慮する必要がある。（つまり、より多くの木質バイオマス投入が必要となる）

この WEF 報告書では、SAF 生産に最適化された工程における主産物 SAF と、車両燃料（ガソリン/ディーゼル）や軽質炭化水素（LPG/ナフサ）の割合を図 13-2 のように示している。



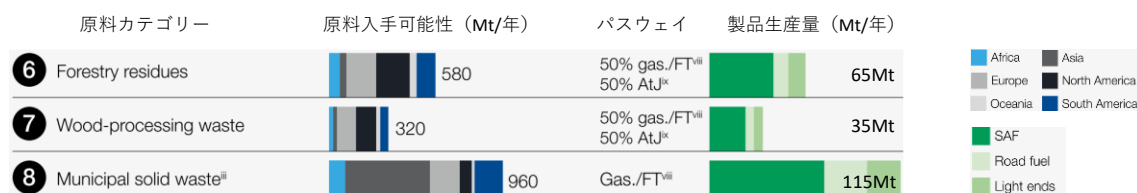
出典：WEF「Clean Skies for (略)」から事務局作成

図 13-2 SAF と併製品の生産比率

さらに同 WEF 報告書では、これらの転換率や SAF と併製品の生産比率を前提として、現実的な原料の入手可能性 (Mt/年) を前提とした SAF 等の製品生産量 (Mt/年) を推計 (いずれも世界合計) している。同 WEF 報告書から木質バイオマスに関する原料カテゴリー部分を抜粋したものが図 13-3 である。(MSW は木質とは限らないが、ここでは一旦木質とみなして参考までに示す)

図 13-3 では、Forestry residues (森林残渣) と Wood-processing waste (製材残渣) はいずれも、SAF 製造技術 (パスウェイ) として ATJ の使用を 50%、ガス化 FT 合成の使用を 50%との仮定を置いている。これにより、森林残渣 580Mt から SAF は 65Mt、製材残渣 320Mt から SAF は 35Mt 製造されると推計している。

本調査事務局の試算においてもこれに倣い、木質バイオマスから SAF へのパスウェイ使用比率を ATJ : GFT = 50:50 の比率を採用することとした。



出典：WEF「Clean Skies for (略)」から事務局作成

図 13-3 原料カテゴリー別 SAF 等の生産量

WEF 報告書における前提条件や試算結果を整理したものが表 13-2 (2つの表で 1 セット) である。WEF 報告書では、原料は乾燥 t、製品は原油換算 t で表していることに留意願いたい。このため、事務局では表 13-2 の最右列において、原油換算 t の SAF を kL に換算して表した。SAF の原油換算 t から kL への換算係数については、運輸総研報告書にない、41,870 MJ/原油換算 t とジェット燃料の発熱量 36.54MJ/L から計算される 約 1.15kL-SAF/原油換算 t-SAF を使用した。

この「換算表」により、特定の原料・製造技術を用いた SAF 生産量 (原油換算 t・kL) や、その直接的な原料使用量及び併製品を考慮した実質的な投入必要量 (BDt)、転換率が確認でき、双方向に換算できる。事務局では、この表の考え方をもとに、原料の違い等により入力値を変更し、SAF 製造に必要なとなる木質バイオマス消費量の試算を行った。なお、こ

の表 13-2 では小数点以下の数値も維持しているため、以降の試算における合計値では端数のずれも生じ得ることに留意願いたい。

表 13-2 原料別/技術別 SAF 等の製品生産量及び製品用途別原料使用量

■原料別/技術別 SAF等の製品生産量 … 原料は乾燥t、製品は原油換算t

原料カテゴリー	原料入手量(Mt)	製造技術	使用率	原料使用量(Mt)	転換率	製品生産量(Mt)			SAF (百万kL)
						SAF	車両	軽質	
Forestry residues 森林残渣	580	ATJ	50%	290	13%	29	2	6	33
		GFT	50%	290	20%	35	13	10	40
Wood-processing waste 製材残渣	320	ATJ	50%	160	13%	16	1	4	18
		GFT	50%	160	20%	19	7	6	22
Municipal solid waste 都市固形廃棄物	960	GFT	100%	960	20%	115	42	35	132
合計(Mt)						214	66	61	245

原油換算t→SAF
約1.15kL/t

■製品用途別 原料使用量

原料カテゴリー	原料入手量(Mt)	製造技術	使用率	原料使用量(Mt)	転換率	原料使用量(Mt)			SAF (百万kL)	転換率(kL/t)	
						SAF	車両	軽質		SAFのみ	実質
Forestry residues 森林残渣	580	ATJ	50%	290	13%	223	17	49	33	15%	11%
		GFT	50%	290	20%	223	17	49	40	18%	14%
Wood-processing waste 製材残渣	320	ATJ	50%	160	13%	123	10	27	18	15%	11%
		GFT	50%	160	20%	123	10	27	22	18%	14%
Municipal solid waste 都市固形廃棄物	960	GFT	100%	960	20%	739	58	163	132	18%	14%
合計(Mt)						1,432	112	316	245		

出典：WEF「Clean Skies for (略)」を基に事務局作成

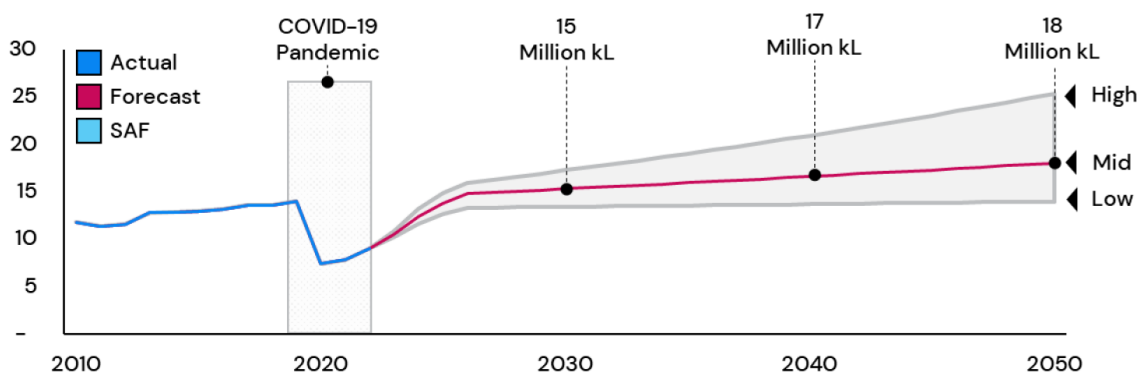
13.2. 日本の SAF 需要と供給の想定

木質バイオマスを原料とする SAF は、多様な SAF の一類型であるため、木質バイオマス SAF の将来的な需要を推計するには、まず SAF 全般の需要を推計する必要がある。

ただし、世界的なインフレや脱炭素化支援策の揺れ動きもあり、SAF 需要を蓋然性高く推計することは非常に困難である。このため本調査では、将来の SAF 需要（木質バイオマスを原料とするものに限らない）や SAF 供給量の推計については、既往文献を参考とすることとした。

第 5 章の文献調査から、長期的な将来の SAF の需要又は供給量の推計については、世界全体又は地域別に示すものが大半であり、日本における SAF の将来需要・供給について、SAF 官民協議会が示した 2030 年断面の 172 万 kL という見通しの先の推計を行う報告書は限定的である。

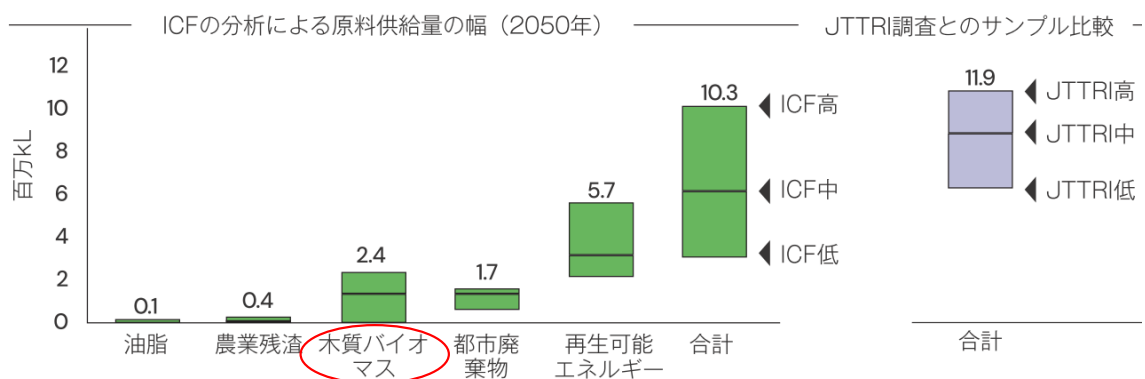
ボーイング、三菱重工業、SMBC アビエーションキャピタルが共同委託した SAF に関する ICF レポート「Charting the Path: SAF Ecosystem in Japan」（2024 年 4 月）においては、日本の 2050 年時点のジェット燃料消費量を 18 百万 kL（中位シナリオ）と推計し、ネットゼロ達成に必要な SAF の需要を 12 百万 kL と推計している。



出典：Charting the Path: SAF Ecosystem in Japan

図 13-4 日本のジェット燃料消費量予測（百万 kL）

また同報告書において、木質バイオマスを原料とする SAF の供給量は、「原料の入手性が高いシナリオ」の場合、240 万 kL（347 万 PJ・ペタジュール）、中位シナリオの場合、136 万 kL（196PJ）と推計している。なお、下位シナリオにおいては、すべての木質バイオマス供給量は発電燃料として消費されるとの想定により、木質 SAF の生産量は 0 と推計している。

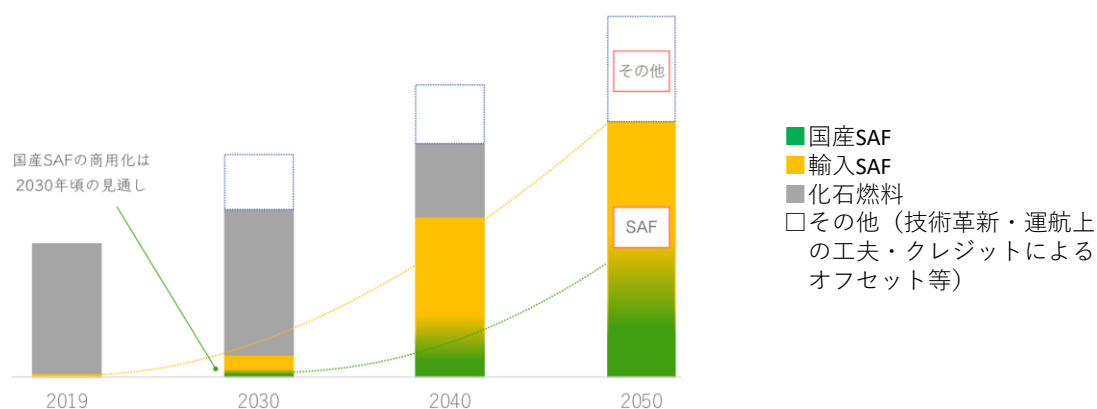


出典：Charting the Path: SAF Ecosystem in Japan

図 13-5 原料別 SAF 供給量の推計

また、全日本空輸株式会社と日本航空株式会社による共同レポート「2050年 航空輸送におけるCO2排出実質ゼロへ向けて」(2021年10月)において、2050年に日本の航空分野でCO2実質ゼロの達成に必要なSAFの量は約2,300万kLと試算されている。

ICFレポートと比べるとSAFの需要量は2倍近く大きいですが、当協会調査では木質バイオマスの供給ポテンシャルと比較する観点から、大きめのSAF需要を試算している共同レポートの数値を採用することとした。



出典：ANA・JAL共同レポート

図 13-6 日本のSAF需要の推計

ANA・JAL共同レポートでは、中間点となる2040年時点のSAF需要量や国産SAF/輸入SAF比率といった詳細な内訳は示されていないが、当協会では簡易化のため、以下の仮定に基づき試算することとした。

»途中時点のSAF使用量は、2030年時点(172万kL)と2050年時点(2,300万kL)を直線的につないだ値とする。

※直線ではなく、下に凸又は上に凸と仮定することも可能ではあるが、元々大きな不確実性を孕んだ推計であるため、単純化を優先することとした。

» SAF 製品の製造内訳は、国産：輸入=50：50 とする。

※第 3 章の図 3-29 より、現時点公表されている国内の SAF 商用プラントの生産能力は 6 プラント合計で 113 万 kL/年である。また、第 2 章の図 2-4 より、2030 年時点の国内の SAF の需要量は 172 万 kL、供給見込み量は 192 万 kL である。よって国内 SAF プラントが最大限稼働する場合、国産 SAF のシェアは 6 割程度、これを補う輸入 SAF のシェアは 4 割程度と想定される。

コスト面で輸入 SAF が優位、又は政策措置により国産 SAF の進展など、双方の可能性が否定できないため、簡易的に両者のバランスを取り 50%ずつとすることとした。

本調査では、これらのシナリオや前提条件が「蓋然性が高い」ということを意味するわけではなく、やや極端なケースも想定した「規模感」を把握するための試算という位置付けである。また、本稿読者が簡易に前提条件を変えて試算できるよう、シンプルな仮定・中間的な値を設定することとした。

これらの前提条件を置く場合、日本の SAF 需要・使用量（万 kL）とその国産 SAF/輸入 SAF の内訳は、表 13-3 のようになる。

表 13-3 日本の SAF 需要とその内訳（万 kL）

	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年
SAF使用量（万kL）	172	704	1,236	1,768	2,300
国産SAF（万kL）	86	352	618	884	1,150
輸入SAF（万kL）	86	352	618	884	1,150

出典：事務局作成（以下同様）

13.3. 木質バイオマス由来 SAF 国内需要推計の考え方

本調査では、2026年（令和8年）に改定されることが見込まれる次期「森林・林業基本計画」において計上される「用途別の木材利用量の目標」の対象年となる2030年（令和12年）及び2035年（令和17年）における、SAFや家畜飼料等の新たな用途を考慮した木質バイオマス利用量を推計することを、事業目的の一つとしている。よって、木質バイオマスの需要や供給量については、2035年度までの推計を行っている。

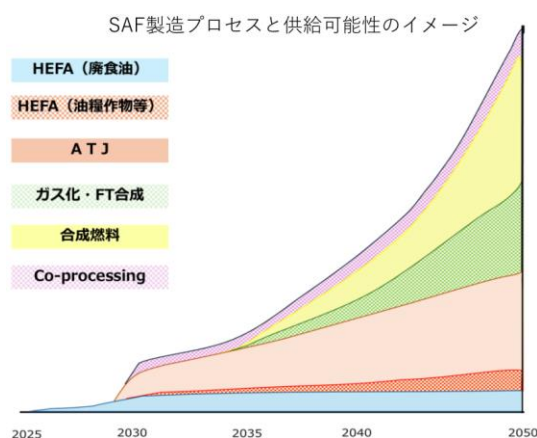
ただし、SAF製造プラント設備の償却年数（事業者による投資判断の正当化）や、山林所有者・林業関係者等の再植林へのモチベーション、バイオマス発電所の卒FIT等を考慮し、2035年以降の長期将来についても、簡易的な推計を行うこととした。

本章第2節では日本のSAF需要や国内供給量を想定し、本節ではこれらのSAF需要や供給における原料・製造技術の内訳を検討した。

SAFの原料・製造技術（パスウェイ）は多様であるが、原則、製造コスト（GHG排出量・炭素価格も考慮した実質コスト）の低い順に導入が進むと想定される。

ただし、一部の原料には供給量等の制約があるため、SAF需要・供給量を賄うために、次第に高コストな製造技術・原料にシフトすると想定される。大まかには以下のようなイメージである（主に国内の状況を想定）。

- コスト順 ↓
- ≫2030年頃まで HEFA（廃食油）、ATJ（第1世代バイオエタノール）
 - ≫2030年頃以降 HEFA（油糧作物等）、ATJ（第2世代バイオエタノール）
 - ≫2035年頃以降 ガス化FT合成（セルロース系）、コプロセッシング、合成燃料
※セルロース（廃棄物・木本・草本）の内訳比率は不明



出典：NEDO

図 13-7 SAF 製造プロセスと供給可能性のイメージ

第2章等で見たとおり、現時点、また将来的にも木質バイオマス由来 SAF は、他の原料・製造技術を用いた SAF と比べ、相対的に高コストである。よって、木質バイオマス由来 SAF の需要や供給ポテンシャル、その国内原料供給量を推計するには、相互に関係する以下の要素を総合的に検討する必要がある。

1. 相対的に安価な（HEFA・第1世代バイオエタノール ATJ）SAF の供給ポテンシャル
2. 各種 SAF 製品又は原料の国内／海外生産量及び輸入量
例：海外生産国の輸出方針（当該自国内の需要）
日本国内での SAF 量産プラントの計画
※当然のことではあるが、国内に木質バイオマスを原料とする SAF 製造プラントが建設・運営されない限り、木質バイオマスが原料として消費されることはない。
3. 2030 年以降の法的規制による国内 SAF 需要の大きさ
例：規制導入の延期や緩和による、コンプライアンス需要の減少・低迷
事業者による投資意思決定の延期・縮小
4. GHG 削減価値・炭素価格の反映による実質コストの抑制・逆転
5. 車両や船舶等の他分野のバイオマス液体燃料や、化学原料等向け需要の大きさ
バイオエタノールとして直接使用可能な用途では、より多くの工程を必要とする SAF と比べ、相対的に低コストであり、相対的に新規設備投資も小さめ

ただし、これらのパラメータの組合せは膨大な数となり得ることや、何が蓋然性の高いシナリオとなるかという予見性に乏しい。また、例えば、「コンプライアンス需要が小さく、かつ HEFA-SAF 供給量が多い」などのような前提条件の組合せ次第では、当面の木質バイオマス由来 SAF の需要及び供給量は、“0”と導出され得る。このため、本節では以下のような、ごく簡易的な前提を置くこととした。

■木質バイオマス由来 SAF 需要推計の前提条件

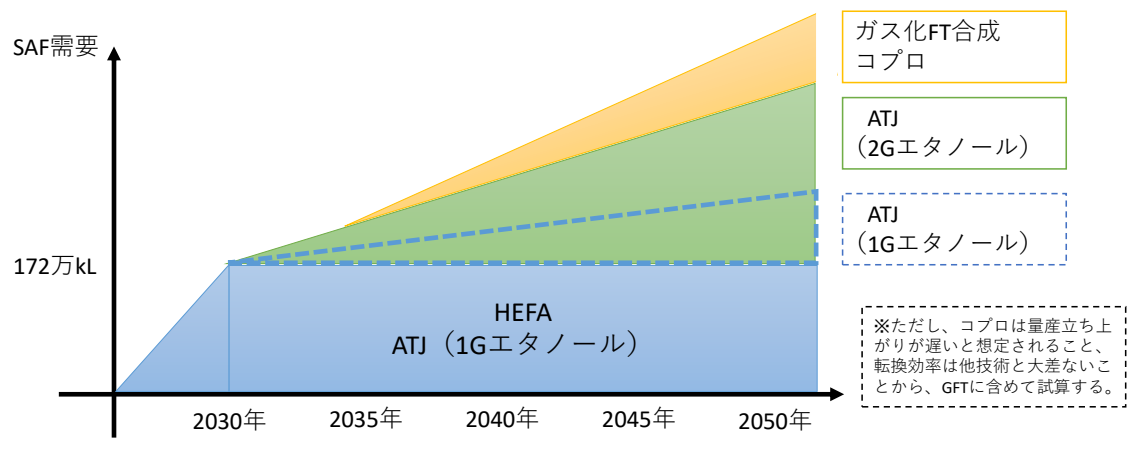
1. 相対的に安価な（HEFA・第1世代バイオエタノール ATJ）SAF の供給量（海外 SAF の輸入も含む）は 2030 年以降、横這い。
同様に、合成燃料（水素）のコストが短期間で劇的に安くなることも想定しない。

2. SAF 原料用の木質バイオマス輸入は想定しない。
つまり、2030 年頃以降の国産 SAF は、原則、国産木質バイオマスで賄う。(後述のようにシナリオで変更)
※セルロース系バイオマスには、草本系の農業残渣やエリアンサス等のエネルギー作物もあるが、原料収集等の課題も大きいと想定され、本調査では十分な調査を行っていないことから、ここでは試算の対象とはしない。
3. 2030 年以降のコンプライアンス需要は 2050 年に向けて直線的に増加すると想定。
かつ、事業者もこれを信じて、適切なタイミングで量産プラントへの投資を実行する。
※繰り返すが、この条件が満たされない場合、木質 SAF に対する需要が生じたとしても、木質 SAF の供給量は 0 のままとする。
4. GHG 価値・炭素価格の反映により、実質コストが他の SAF と同水準となる。
具体的な単価の想定は行わず、相対的なコストが移行・切り替えに問題ない水準となることを想定。
5. 他の非化石液体燃料は、木質バイオマス以外の他の安価な原料(例：第 1 世代バイオエタノール ATJ) で賄われる。つまり、SAF は木質バイオマスで賄い、他の液体燃料との直接的な原料競合は生じないと仮定する。

これらの簡易的な前提条件を図示したものが図 13-8 である。図の縦軸高さはイメージであり、厳密なものではない。この図では、国産/輸入を区別していない。

安価な HEFA や ATJ (第 1 世代バイオエタノール) は、2030 年以降、横這いと仮定して、ATJ (第 2 世代バイオエタノール・日本ではほぼ全量を木質と想定) は 2030 年頃の立ち上がり、ガス化 FT 合成及びコプロは 2035 年頃の立ち上がり、と仮定した。ただし、コプロは大きな量の立ち上がりが遅いと想定されること、転換効率は他技術と大きな差はないと仮定して、ガス化 FT 合成に含めて試算することとした。これが後述する「シナリオ 1」の基本形である。

また別のバリエーションとして、相対的に安価で原料入手性に制約の小さい ATJ (第 1 世代バイオエタノール) が伸長し、ATJ (第 2 世代バイオエタノール) を代替するケースを破線で表した。これが後述する「シナリオ 2」の基本形である。



出典：事務局

図 13-8 日本の SAF 需要内訳のイメージ

13.4. 日本の国産 SAF (= 国産木質 SAF) 需要の推計

本節では、一旦、木質バイオマス原料の供給制約等を考慮せず、一定の仮定に基づく日本の SAF 需要や国内供給量及び国産木質 SAF 生産量を想定し、それに必要となる木質バイオマス原料消費量を試算する。つまり、需要側から見た試算である。木質バイオマス原料供給面から捉えた木質 SAF 生産量の推計は、次節で行う。

前節の前提条件により、2030 年以降、HEFA-SAF 及び ATJ(第 1 世代バイオエタノール)-SAF の需要を 172 万 kL と固定する場合、これらを除いた「次世代 SAF (仮称)」の消費量は、表 13-4 のように試算できる。ここでは簡易化のため、2030 年想定量を 0 とする。(以下の試算についても同様)。表 13-3 と同様に、SAF の製造内訳は国産：輸入=50：50 と仮定している。

表 13-4 次世代 SAF (仮称) の使用量

	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年
次世代SAF使用量 (万kL)	0	532	1,064	1,596	2,128
国産SAF (万kL)	0	266	532	798	1,064
輸入SAF (万kL)	0	266	532	798	1,064

本節では、木質バイオマスの原料タイプや製造方法を区別せず、木質バイオマス由来 SAF 全体の供給量やその製造に必要な木質バイオマス原料消費量を推計している。このため本節では、ATJ とガス化 FT 合成を区別していない。ここで使用する木質バイオマス 1t (絶乾) から SAF 1kL への転換率は、表 13-2 の前提条件 (製造技術使用比率を ATJ：GFT =50:50) より、「SAF のみ」の場合、約 16.4%、「車両燃料等併産品を含む実質」の場合、約 12.6%である。

■シナリオ 1 (木質 SAF-MAX シナリオ)

表 13-4 の国産次世代 SAF の原料は、すべて木質バイオマスである、と仮定する。(これまでと同様に単純化のため、製造技術は ATJ：GFT=50%：50%と仮定)

つまり、次世代国産 SAF の全量が国産木質 SAF であり、例えば 2050 年時点では、表 13-4 より、1,064 万 kL の国産木質 SAF の需要がある、と仮定する。

この場合、SAF の原料となる木質バイオマスの消費量 (BDt) は表 13-5 のように試算される。これは、SAF 国産率 50%という仮定のもとで、SAF 原料となる木質バイオマス消費量のポテンシャル (SAF 輸出等を考慮しない国内 SAF 需要を賄う上限量) を表す数値である。いわば、木質 SAF-MAX シナリオとも呼べるものである。

表 13-5 シナリオ 1 SAF 原料となる木質バイオマス消費量

	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年
国産木質SAF (万kL)	0	266	532	798	1,064
SAFのみの原料 (万dt)	0	1,624	3,248	4,873	6,497
併産品も含む原料 (万dt)	0	2,109	4,219	6,328	8,438

出典：事務局

■シナリオ 2 (木質 SAF 半分シナリオ)

表 13-4 の国産 SAF の原料・製造技術は、50%を ATJ (第 1 世代バイオエタノール)、残りの 50%をすべて木質バイオマスから製造する (つまり、シナリオ 1 の半分量)、と仮定する。SAF 製品の国産率は 50%のままであるが、その国産 SAF の原料の半分はサトウキビ・トウモロコシ輸入に依存するという仮定である。国産 SAF のうち木質原料が半分であるため、日本の SAF 需要の 25%が国産木質 SAF という仮定である。

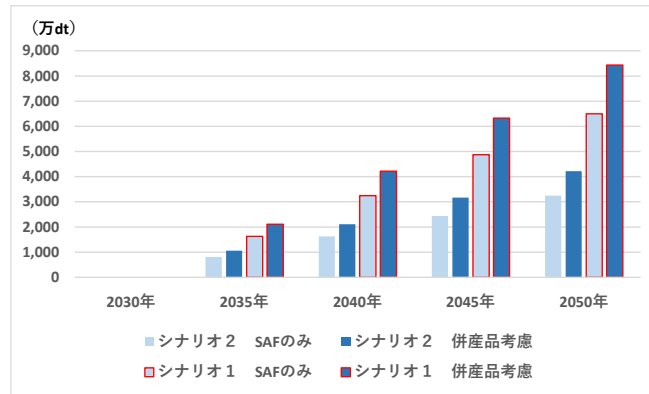
この場合、SAF の原料となる木質バイオマスの消費量 (BDt) は表 13-6 のように試算される。

表 13-6 シナリオ 2 SAF 原料となる木質バイオマス消費量

	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年
国産木質SAF (万kL)	0	133	266	399	532
SAFのみの原料 (万dt)	0	812	1,624	2,436	3,248
併産品も含む原料 (万dt)	0	1,055	2,109	3,164	4,219

出典：事務局

以上のシナリオ 1、シナリオ 2 の数値、SAF 用木質バイオマス原料消費量 (万 BDt) をまとめたグラフが図 13-9 である。繰り返すが、本試算は蓋然性の高さを示すものではなく、一定の前提条件における規模感を把握するものである。



出典：事務局

図 13-9 シナリオ別 SAF 用木質バイオマス原料消費量 (万 BDt)

13.5. 木質バイオマス原料供給面から捉えた木質 SAF 生産量の推計

前節では、木質バイオマス原料の供給制約等を考慮せず、一定の仮定に基づく日本の SAF 需要や国内供給量及び国産木質 SAF 生産量を想定し、それに必要となる木質バイオマス原料消費量を試算した。

本節では、木質バイオマス原料供給面から捉えた木質 SAF 生産量の推計・試算を行う。つまり、供給側から見た試算である。その上で、木質 SAF の需要ポテンシャルと供給ポテンシャルを突き合わせるにより、日本の SAF 製造において、木質バイオマスが SAF 原料として、どの程度の役割を果たし得るのか、検討を行った。

本節で検討の対象とした SAF 原料候補となる木質バイオマスのタイプ（区分）は以下の 4 つである。

- ① 木質バイオマス（間伐材等）発電所の卒 FIT に伴う余剰
- ② 一般木質発電所からの転用
- ③ 未利用林地残材の最大限の活用
- ④ 国産パルプ材の転用

これは、本調査では次期「森林・林業基本計画」における「用途別の木材利用量の目標」の対象を調査対象としていることが直接的な理由である。SAF 用木質バイオマス原料はこれら 4 タイプ以外にも、剪定枝（果樹・街路樹）や河川内樹木等が想定し得るが、これらは上記 4 タイプと一部重複が生じていることや、相対的に少量であることから、参考情報として第 6 節で簡易的な試算を行うに留めた。

また本調査では、次期「森林・林業基本計画」において計上される「用途別の木材利用量の目標」の対象年となる 2030 年及び 2035 年を直接的な調査対象としているため、木質バイオマス供給量の推計対象は 2035 年度までであることに留意願いたい。

いずれも、非常に単純な全国一律的な試算である。木質バイオマスはその収集や運搬に課題を抱えた原料である。よって現実的には、原料供給の地域的な偏在や、各原料種類に対応する製造設備等（例えば ATJ 方式プラント）の地域的な偏在により、これらのポテンシャルが最大限に実現する可能性は低いことに留意が必要である。

① 間伐材等発電所 卒 FIT に伴う余剰燃料の試算

再エネ特措法に基づく FIT/FIP 木質バイオマス発電所は、原則 20 年間の調達期間終了後、いわゆる「卒 FIT」を迎えることとなる。FIT 発電所はその燃料種の違いにより、「間伐材等由来の木質バイオマス」や「一般木質バイオマス・農産物の収穫に伴って生じるバイ

「オマス固体燃料」等の区分ごとに異なる調達価格が適用されている（第10章を参照）。本稿では前者を「間伐材等」、後者を「一般木質」と省略する。

第9章の図9-15では、間伐材等木質バイオマス発電所の2035年までの卒FITを想定した木質バイオマス燃料の利用量を推計している。（上段：m3、下段：t換算）

表13-7 未利用材発電所における燃料材利用量（千t）

未利用材発電所における燃料材利用量 千m ³				
	2023年	2025年	2030年	2035年
利用量	8,738	9,780	10,915	6,194

国内生産燃料材材積（素材生産量×MAX35%） 千m ³				
	2023年	2025年	2030年	2035年
平均値	11,025	10,451	10,629	10,672
最大値	11,025	12,330	12,434	12,420

一般木質発電所等への供給量（国内供給量） 千m ³ （熱利用向け1,103千m ³ を除く）				
	2023年	2025年	2030年	2035年
平均値	1,184	▲432	▲1,388	3,375
最大値	1,184	1,447	417	5,123

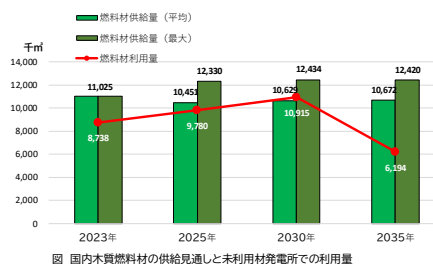
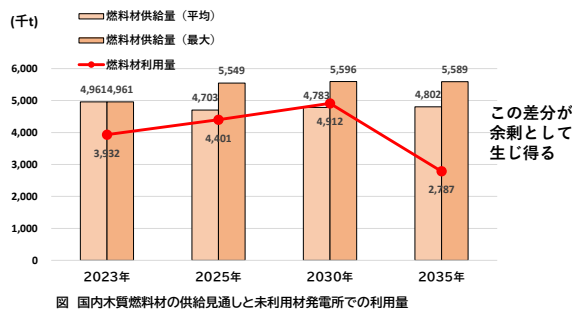


表8-1

未利用材発電所における燃料材利用量（千t）				
	2023年	2025年	2030年	2035年
燃料材利用量	3,932	4,401	4,912	2,787
熱利用向け	496	496	496	496

国内生産燃料材重量（素材生産量×MAX35%） 千t				
	2024年	2025年	2030年	2035年
平均値	4,961	4,703	4,783	4,802
最大値	4,961	5,548	5,596	5,589

余剰発生量（千t）				
	2024年	2025年	2030年	2035年
平均値	533	-194	-625	1,519
最大値	533	651	188	2,305



出典：事務局

FIT 間伐材等木質バイオマス発電所が使用している間伐材等は相対的に高単価であるため、自然体では他の既存用途には転用されない、と想定する。つまり、SAF 等の新規用途が、FIT 材と同水準の買取単価を示す場合のみ、その活用が可能となる（はじめて「余剰」と呼べる量が発生する）と考えられる。ここでは SAF 原料としての買取単価（新たな支援措置の有無も含む）の蓋然性を論じることはせず、純粹に量としてのポテンシャルの試算を行った。

これまでと同様に単純化のため、製造技術は ATJ：GFT＝50%：50%と仮定し、木質バイオマスから SAF への転換率は「SAF のみ」の場合、約 16.4%、「車両燃料等併産品を含む実質」の場合、約 12.6%を使用する。

表13-7より、発電用燃料需要が最大と見込まれる2030年時点と、発電所の卒FITが増加する2035年時点を比較すると、152万～231万BDt程度の余剰が生じると推計される。

2035年時点で、このすべてをSAF生産に充てると仮定する場合、併産品（車両燃料や軽質炭化水素）を考慮すると、19万～29万kL/年程度の木質SAFが生産できることとなる。以降のページでも同様に、「併産品考慮後」の実質ベースを主に検討する。

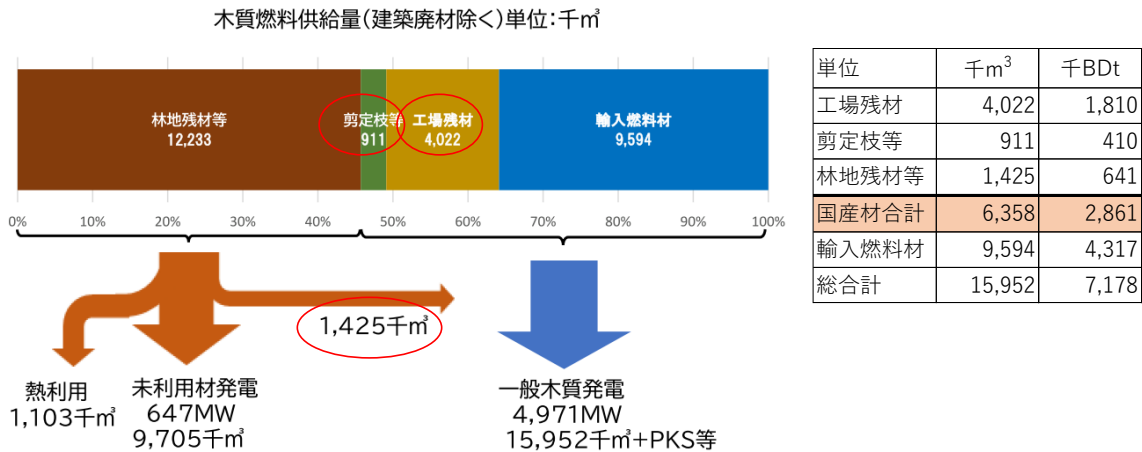
表 13-8 SAF 等生産量 (千 kL)

	SAF のみ	併産品含む
平均値	249	192
最大値	378	291

② 一般木質発電所からの転用

第 9 章の図 9-9 に基づく表 13-9 より、現時点の一般木質バイオマス発電所の国産燃料材使用量（建築廃材除く）は、6,358 千 m³（286 万 BDt）と推計される。

図 9-9、表 13-9 一般木質バイオマス発電所の国産燃料材使用量



第 9 章の表 9-5,表 9-8,表 9-9 より、卒 FIT に伴い、一般木質バイオマス発電所の設備容量や燃料材使用量は表 13-10 のように推移すると推計される。一般木質の発電設備容量は 2030 年頃にピークを迎え、2035 年には 2030 年比で 95%相当（5%の減少）になると推計される。

表 13-10 一般木質発電設備容量の推移

一般木質発電所の導入容量の推移 (実績ベース新規導入+卒FIT推定減少) (kW)

	2024年	2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	2031年	2032年	2033年	2034年	2035年
発電設備容量 (kW)	4,089,600	4,971,314	5,148,398	5,325,107	5,497,701	5,668,863	5,839,120	5,839,120	5,839,120	5,723,379	5,707,382	5,525,226
材積 (千m ³)	61,798	75,122	77,798	80,468	83,076	85,663	88,236	88,236	88,236	86,487	86,245	83,492
重量(BD万t)	2,781	3,380	3,501	3,621	3,738	3,855	3,971	3,971	3,971	3,892	3,881	3,757
2030年比発電容量	70%	85%	88%	91%	94%	97%	100%	100%	100%	98%	98%	95%

ただし、一般木質バイオマス発電所は多様な燃料／相対的に安価な燃料を使用しているため、卒 FIT を迎えることが、そのまま国産燃料材の余剰が生じるとは言いきれない。ま

た、同様の理由から、卒 FIT を迎える前（FIT 調達期間内のいつの時点）であっても、PKS 等の他バイオマス燃料との相対的な価格差次第では、また SAF 等の新たな需要分野の製造事業者等によるオファー価格次第では、一般木質材は柔軟にその「行き先」が変わり得ると考えられる。つまり、一般木質材は卒 FIT 自体とは無関係に、SAF 等の原料として供給され得ると考えられる。

よって、SAF 等に充当可能な一般木質燃料材ポテンシャルは、0～286 万 BDt と推計される。このすべてを SAF 生産に充てると仮定する場合、併産品を考慮すると、0～36 万 kL/年程度の木質 SAF が生産できることとなる。

ここでも製造技術は ATJ：GFT=50%：50%、木質バイオマスから SAF への転換率は「SAF のみ」の場合、約 16.4%、「車両燃料等併産品を含む実質」の場合、約 12.6%を使用する。

表 13-11 SAF 等生産量（千 kL）

	SAF のみ	併産品含む
最小値	0	0
最大値	469	361

③ 未利用林地残材の最大限の活用

第 8 章の図 8-6、図 8-7 より、未利用林地残材のうち利用可能量は、幹由来で 289 万 t（未利用 164 万 t + 余地 125 万 t）、枝条由来で 203 万 t 程度と推計される。（いずれも乾燥重量）

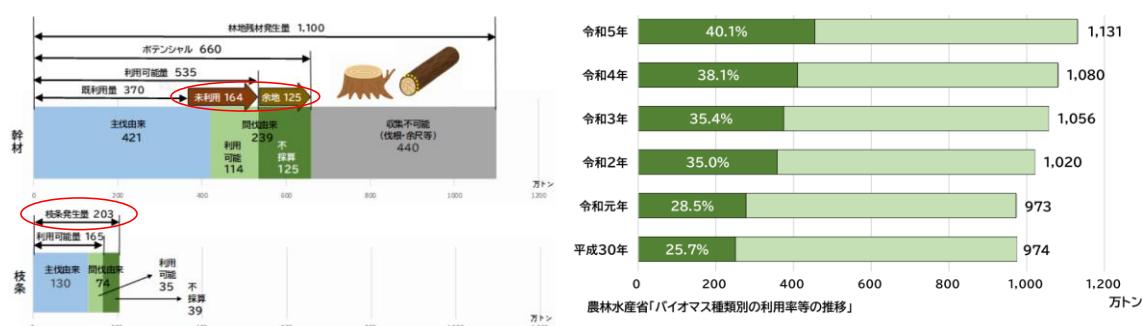


図 8-6、図 8-7 未利用林地残材のうち利用可能量

これらの未利用林地残材は低質であるため、ATJ 方式を採用するパルプ工場が受け入れるとは想定し難いため、すべて「ガス化 FT 合成」が使用されると仮定する。よって木質バイオマスから SAF への転換率は「SAF のみ」の場合、約 17.9%、「車両燃料等併産品を含む実質」の場合、約 13.8%を使用する。この場合、併産品を考慮すると、68 万 kL/年程度の木質 SAF が生産できることとなる。

表 13-12 SAF 等生産量 (千 kL)

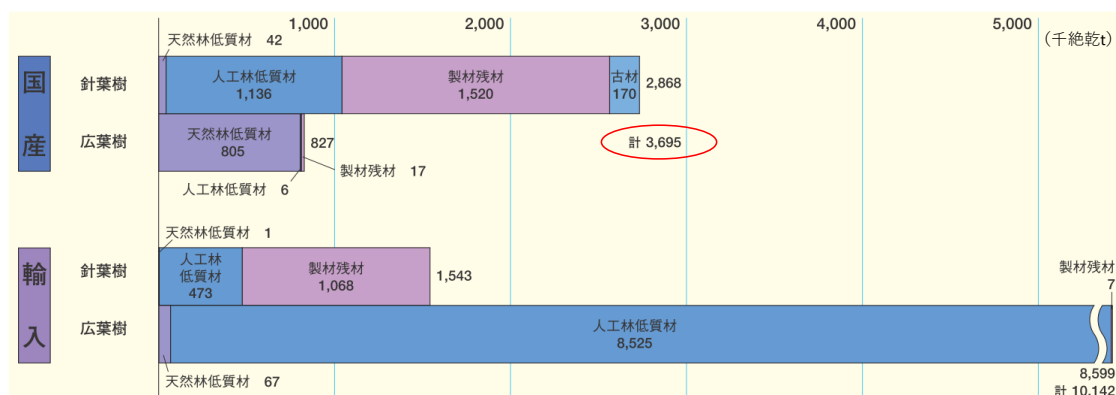
	SAF のみ	併産品含む
幹由来	516	397
枝条由来	363	279
合計	879	677

④ 国産パルプ材の転用

ATJ 方式による SAF 製造は、既存の設備・サプライチェーンの活用が想定されるパルプ・製紙会社での製造が現実的であり、本調査ではこれを前提とした試算を行った。

パルプ材便覧 (2023 年) によれば、パルプ材消費量は、国産材 370 万 t、輸入材 1,014 万 t、計 1,384 万 t (いずれも絶乾 t) である。

今後、紙需要及びパルプ生産量の減少が見込まれるが、いつ時点でどの程度の量となるかを見通すことは、本調査の範疇を超える。よって本調査では、国産材に限り、1%のパルプ需要変化がどの程度の量の SAF 供給を増加させるかの、感度分析を行うに留めることとした。



出典：図表：紙・パルプ統計

図 13-10 パルプ材の原料構成

表 13-2 の前提条件より、ATJ 方式を用いた木質バイオマス 1t (絶乾) から SAF 1kL への転換率は、「SAF のみ」の場合、約 15%、「車両等併産品を含む実質」の場合、約 11%を使用する。この場合、パルプ材 1%の余剰発生は、0.4 万 kL/年程度の木質 SAF 生産増加につながる。また仮に、国産パルプ材 370 万 BDt の全量を SAF 生産に充てるという極端な仮定をする場合、併産品を考慮すると、42 万 kL/年程度の木質 SAF が生産できることとなる。

表 13-13 SAF 等生産量 (千 kL)

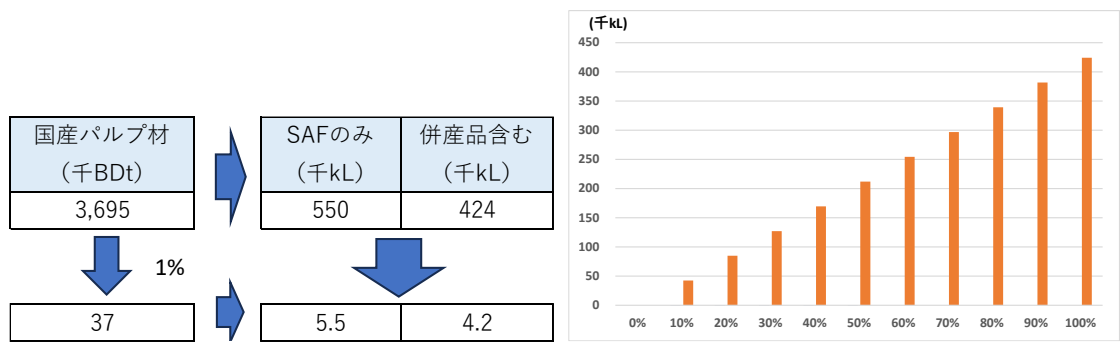


図 13-11 国産パルプ材余剰率の変化と ATJ-SAF 生産量の変化

以上の表 13-8, 表 13-11, 表 13-12, 表 13-13 より、木質バイオマス原料供給面から見た 2035 年の木質 SAF 生産量・供給ポテンシャル（併産品考慮後）は、91 万～137 万 kL と試算される。この量は、コロナ禍前の 2019 年の日本のジェット燃料需要 1,315 万 kL（国内線 426 万 kL+国際線（本邦・外航）889 万 kL）の約 7～10%に相当する。

また表 13-5、表 13-6 より、2035 年の木質 SAF 需要のポテンシャルは、266 万 kL（シナリオ 1）～ 133 万 kL（シナリオ 2）であるため、木質バイオマスは SAF 原料として一定の役割を果たし得る、と考えられる。

■木質SAF等生産量（千kL）

		SAFのみ	併産品含む
①未利用発電所卒FIT からの余剰	平均値	249	192
	最大値	378	291
②一般木質発電所 からの転用	平均値	0	0
	最大値	469	361
③未利用林地残材の 最大限の活用	幹由来	516	397
	枝条由来	363	279
	合計	879	677
④国産パルプ材の 転用（10%※）	転用10%	55	42
合計	最小値	1,182	910
	最大値	1,780	1,370

(※規模感を見るためのあくまで仮定の数値)

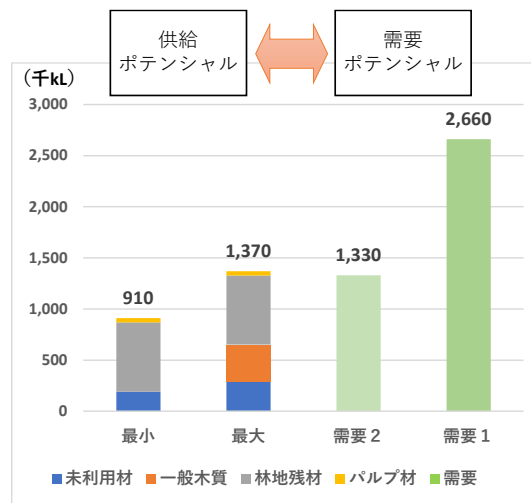


図8-1 2035年木質SAF生産量（併産品考慮後）

図 13-12 2035 年木質 SAF 生産量（併産品考慮後）

この 2035 年木質 SAF 生産量（併産品考慮後）を賄うために必要となる木質バイオマス原料消費量は 681 万～1,046 万 BDt となる。（※ATJ と GFT の転換率の違いにより、図 13-13 は図 13-12 のグラフ高さに等比例しない）

また表 13-5、表 13-6 より、2035 年木質 SAF 需要ポテンシャルを賄うための木質バイオマス原料消費量は 2,109 万 BDt (シナリオ 1) ~ 1,055 万 BDt (シナリオ 2) であるため、木質バイオマスは SAF 原料として一定の役割を果たし得る、と考えられる。

■SAF等用木質消費量 (千m³、千BDt) 併産品考慮ベース

		千m ³	千BDt
未利用発電所卒FIT からの余剰	平均値	3,375	1,519
	最大値	5,123	2,305
一般木質発電所 からの転用	平均値	0	0
	最大値	6,358	2,861
未利用林地残材の 最大限の活用	幹由来	6,422	2,890
	枝条由来	4,511	2,030
	合計	10,933	4,920
国産パルプ材の 転用 (10%※)	転用10%	821	370
(※規模感を見るためのあくまで仮定の数値)			
合計	最小値	15,129	6,808
	最大値	23,235	10,456

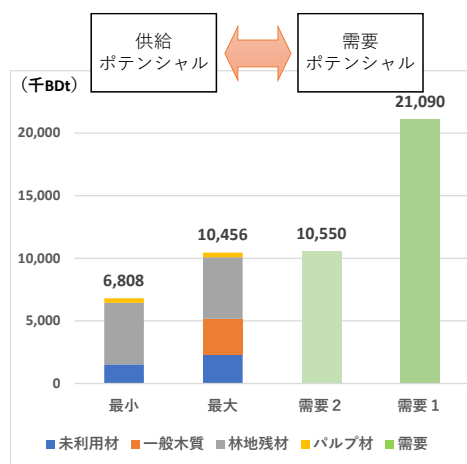


図 13-13 2035 年 SAF 用木質供給量 (併産品考慮後)

本節で示した木質 SAF やその原料となる木質バイオマスの需要と供給は、自然体では実現は困難と考えられる。適切な炭素価格の導入や、木質バイオマスの多面的な社会的価値を評価したうえで、SAF の製造・供給面や利用面に関する規制的措置、支援措置の導入が求められる。

13.6. 参考情報 河川内樹木等による SAF 生産ポテンシャル

先述のとおり、本事業では、「森林・林業基本計画」で取り扱われる木材を直接的な調査対象としている。他方、SAF 製造事業者や SAF ユーザーの視点では、より幅広い木質バイオマスを原料とする木質 SAF の製造・供給ポテンシャルの情報も有益であると考えられる。

よって、ここでは参考情報として、果樹剪定枝や街路樹剪定枝、河川内樹木を原料とする SAF 生産ポテンシャルの簡易的な試算を行った。

これら剪定枝等の発生量については、日本有機資源協会 (JORA) が農林水産省 みどりの食料システム戦略推進総合対策事業において、「令和 6 年度 地域資源活用展開支援事業 (2) バイオマス活用展開調査型報告書」を公表しているため、本節ではこの数値をそのまま使用することとした。発生量 (いずれも単位は wet-t) は、果樹剪定枝が 60.3 万 t、街路樹剪定枝が 56.2 万 t、河川内樹木が 31.1 万 t である。これら剪定枝等の現時点の利用状況については、JORA 報告書を参照願いたい。

これら河川内樹木等の一部はすでに発電用燃料等として使用されているが、その利用量 (率) は不明であり、かつ、買い手からのオファー価格次第で既存用途から SAF へ転用され得ると考えられる。このため本節では簡易的に、河川内樹木等発生量の 100% を転用すると仮定した試算を行うこととした。ただし、剪定枝については、すでに第 9 章の図 9-9 で計上済みであるため、ダブルカウントを避けるため、これを控除した。

これらの木質バイオマスは低質であるため、すべて「ガス化 FT 合成」が使用されると仮定し、木質バイオマスから SAF への転換率は「SAF のみ」の場合、約 17.9%、「車両燃料等併産品を含む実質」の場合、約 13.8% を使用した。また、JORA 報告書において発生量はすべて wet-t 表示であるため、水分 50% と仮定し、DBt 換算を行った。この場合、併産品を考慮すると、4.5 万 kL/年程度の木質 SAF が生産できることとなる。

表 13-14 河川内樹木等による SAF 生産ポテンシャル

	発生量 (万wet-t)	利用量 (率)	利用可能量 (率)
果樹剪定枝	60.3	13.9万t (23%)	46.4万t (77%)
街路樹剪定枝	56.2	算出不可能	算出不可能
河川内樹木	31.1	5.9万t (19.1%)	25.2万t (80.9%)
合計	147.6	n/a	n/a

出典：JORA

- ・水分50%と仮定しDBt換算
- ・発電用燃料剪定枝等41万BDtを控除

SAF等生産量 (千kL)

	SAFのみ	併産品含む
剪定枝	31	24
河川内樹木	28	21
合計	59	45

13.7. 2035 年時点を想定した SAF 等の新需要に対応する木質バイオマス原料供給量の集計

バイオマス原料供給量の集計

本章第 5 節及び第 6 章、第 7 章において、①SAF、②家畜飼料、③セルロースナノファイバー (CNF)、それぞれの用途における木質バイオマス原料の消費量・供給量を試算してきた。本節では、これらの集計を行った。

本章第 5 節の図 13-13 のように、2035 年に木質 SAF 需要が十分に高まると仮定する場合、木質バイオマス原料の供給量が木質 SAF 製造量の上限制約になると想定される。この場合、木質 SAF と木質飼料や CNF との間では、木質バイオマス原料を巡る競合が生じ得ると考えられる。これは、仮に木質飼料や CNF の需要が早期に大量に立ち上がる場合、SAF 製造に充当し得る原料が減少することを意味する。

本節では、この木質バイオマス原料競合の観点から、その用途間（飼料／SAF）の配分、及び製品供給量の検討を行った。ただし、第 7 章の表 7-4 より、CNF 用木材需要は 1 万 t 未満の少量に留まると想定されるため、本節のグラフではその掲載を省略している。

第 6 章の表 6-2 の試算は、国内家畜飼料需要総量に基づく、木質由来飼料需要の最大ポテンシャルである。第 6 章で述べたとおり、これは物理的なポテンシャルではなく、経済合理性に基づく、到達し得るポテンシャルであると事務局では認識している。他方、現時点の木質飼料の生産量は数千 t 程度、これを賄うための木材需要は 1 万 BDt 以下である。

SAF 需要との原料競合を検討するためには、木質飼料の漠然とした将来の需要ポテンシャルではなく、木質飼料の 2035 年時点の具体的な需要や生産量を把握する必要があるが、以下の理由により、事務局では、いずれも不明であり、推計も困難であると判断した。

- ・ 2035 年時点の木質飼料の需要：不明（推計も困難）
 - ≫ 畜産農家に対する木質飼料の普及啓発に要する年数は不明。
 - ≫ SAF では化石燃料の代替を目的とした導入目標の設定や政策的支援措置の導入が想定されるが、現時点、木質飼料に関するそのような政策は存在しない。

- ・ 2035 年時点の木質飼料の製造キャパ・生産量：不明（推計も困難）
 - ≫ 個々の木質飼料製造設備の新設（又は既存設備の改造対応）はそれほど時間を必要としない（SAF 製造プラント新設と比べると短期間で可能である）が、全国各地に大規模に整備することに要する年数は不明。

よって本節では木質 SAF と木質飼料間の競合の度合を把握するため、あくまで代替的な試算のため（※蓋然性が高いという意味ではない）、2035 年に最大の木質飼料需要（389 万 BDt）が発生する、と仮定して試算を行った。

図 13-13 より、木質 SAF 137 万 kL（併産品考慮後）を賄うための木質バイオマス原料消費量（最大限）は 1,046 万 BDt であるが、これは暗に、木質飼料の需要が 0（又は無視できる範囲）であることを前提としている。ここから家畜飼料用需要（最大値 389 万 BDt）を差し引くと、SAF 用に充当可能な木質原料は 657 万 BDt まで減少することとなる。このとき、木質 SAF 生産量は 86 万 kL（併産品考慮後）へと減少する。

以上より、木質飼料の需要が最大限広がると仮定する場合であっても、木質バイオマスは SAF 原料として一定の役割を果たし得る、と考えられる。

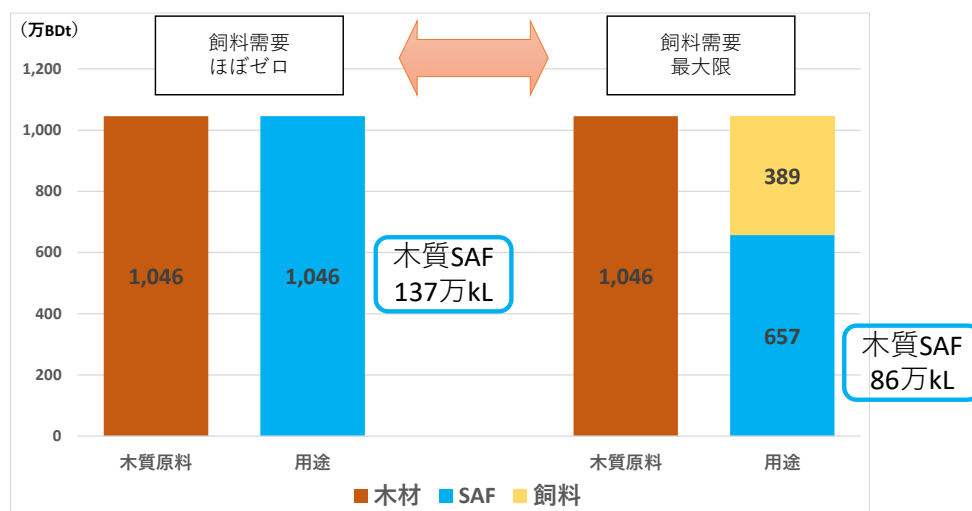


図 13-14 木質原料の用途間（飼料／SAF）の配分

繰り返しとなるが、本稿で示した木質 SAF 及び木質飼料、その原料となる木質バイオマスの需要と供給は、自然体では早期実現は困難と考えられる。木質バイオマスの多面的な社会的価値を評価したうえで、普及啓発活動を始めとする木質飼料の製造・供給や利用に関する支援措置、SAF の製造・供給や利用に関する規制的措置、支援措置の導入が求められる。

参考文献及び関連審議会等

IATA Net zero 2050: Sustainable aviation fuels

<https://www.iata.org/en/programs/sustainability/flynetzero/>

IATA Global Feedstock Assessment for SAF Production Outlook to 2050

<https://www.iata.org/en/publications/economics/reports/global-feedstock-assessment-for-saf-production/>

持続可能な航空燃料（SAF）の導入促進に向けた官民協議会

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/saf/index.html

世界経済フォーラム（WEF）Clean Skies for Tomorrow Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation

https://www3.weforum.org/docs/WEF_Clean_Skies_Tomorrow_SAF_Analytics_2020.pdf

APAC SAF Outlook 2025

<https://www.argusmedia.com/ja/news-and-insights/market-insight-papers/sustainable-aviation-fuel-market-outlook-2025>

グリーンイノベーション基金事業 「CO₂等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画

https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/gifund/gif_r08_rannd_set_r.pdf

日本海事検定協会 持続可能な航空燃料（SAF）の品質規格と試験

https://www.nkkk.or.jp/pdf/public_business_report_2022/4-04-2022.pdf

NEDO 成果報告書: 国内外における SAF の製造技術ならびに低コスト化技術に係る動向調査（各報告書の閲覧にはログインが必要）

https://www.nedo.go.jp/seika_hyoka/database_index.html

Sky NRG A Market Outlook on SAF

<https://skynrg.com/safmo25/>

独立行政法人 森林総合研究所（当時）平成 24 年度森林整備効率化支援機械開発事業のうち「木質バイオマスの大規模利用技術の開発」

<https://www.ffpri.go.jp/pubs/various/documents/mokushitsu-biomass.pdf>

日本製紙連合会

<https://www.jpa.gr.jp/index.php>

総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会 脱炭素燃料政策小委員会

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/nenryo_seisaku/index.html

NEDO バイオものづくり革命推進事業

https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100246.html

日本製紙ニュースリリース 木質バイオマスを原料とするバイオエタノール等の製造販売を行う合弁会社設立へ

<https://www.nipponpapergroup.com/news/year/2025/news250217005830.html>

JAL、森空バイオリファイナリー合同会社に出資

<https://www.nipponpapergroup.com/news/year/2025/news251008006002.html>

一般社団法人プラチナ構想ネットワーク「ビジョン 2050 日本が輝く、森林循環経済」の実現－森林資源フル活用事業モデルプラン・推進方策と提言

<https://platinum-network.jp/2025/07/07/13/02/>

NEDO 「バイオジェット燃料生産技術開発」事業

https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100127.html

NEDO 持続可能な航空燃料（SAF）等の安定的・効率的な生産技術開発事業

https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100351.html

一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター

2024 年度 JPEC フォーラム SAF 向け共処理の調査

https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2024/04/JPECForum_2024_program_018.pdf

BTG Bioliquids

<https://www.btg-bioliquids.com/>

NEDO 再生可能エネルギー分野成果報告会 2025

プログラム No.1-1 SAF（持続可能な航空燃料）実用化に向けた NEDO の取組

https://www.nedo.go.jp/events/report/ZZFF_100035.html

王子ホールディングス 木質由来エタノール・糖液パイロット設備導入のお知らせ

<https://www.oji-rd.jp/wp-content/uploads/2023/12/20230512.pdf>

国土交通省航空局 航空機運航分野における CO2 削減に関する検討会

https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk8_000004.html

一般財団法人日本海事協会 アジア初、SAF 認証スキーム「ClassNK SCS」が運用開始

<https://www.classnk.or.jp/hp/ja/news.aspx?id=13962&layout=1&type=p>

国土交通省 航空局 CORSIA 適格燃料 登録・認証取得ガイド 第三版

<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001881290.pdf>

令和 3 年度燃料安定供給対策に関する調査等（バイオ燃料を中心とした我が国の燃料政策の在り方に関する調査） 報告書

https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2021FY/000782.pdf

CORSIA Default Life Cycle Emissions Values for CORSIA Eligible Fuels

<https://www.icao.int/sites/default/files/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA%20Eligible%20Fuels/ICAO-document-06-Default-Life-Cycle-Emissions-June-2025.pdf>

CORSIA Methodology for Calculating Actual Life Cycle Emissions Values

<https://www.icao.int/sites/default/files/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA%20Eligible%20Fuels/ICAO-document-07-Methodology-for-Actual-Life-Cycle-Emissions-November-2025.pdf>

CORSIA Sustainability Criteria for CORSIA Eligible Fuels

<https://www.icao.int/sites/default/files/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA%20Eligible%20Fuels/ICAO-document-05-Sustainability-Criteria-June-2025.pdf>

NEDO ニュースリリース 愛媛県四国中央市の丸住製紙大江工場が、パルプ工場として世界初の ISCC-CORSIA 認証を取得しました

https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101773.html

林野庁 発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン

https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/hatudenriyou_guideline.html

バイオマス持続可能性ワーキンググループ FIT/FIP 制度におけるバイオマス燃料のライフサイクル GHG 排出量の既定値

https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/dl/fit_2017/legal/lifecycleGHG_bio.pdf

IATA Global Feedstock Assessment for SAF Production Outlook to 2050

<https://www.iata.org/globalassets/iata/publications/sustainability/global-feedstock-assessment-for-saf-production-outlook-to-2050.pdf>

ICARUS – International Cooperation for Sustainable Aviation Biofuels

<https://www.icarus-biojet.eu/>

Air Transport Action Group 「WAYPOINT 2050」

<https://aviationbenefits.org/other-environmental-challenges/climate-action/waypoint-2050/>

産業構造審議会 イノベーション・環境分科会 排出量取引制度小委員会

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/emissions_trading/index.html

第7次エネルギー基本計画

https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/

広域系統整備委員会（第92回）

中国九州間連系設備の費用便益評価結果の基本要件時との比較について

https://www.occto.or.jp/assets/iinkai/kouikikeitouseibi/2025/files/seibi_92_03_01.pdf

ALIGHT Consortium D3.3 Report on environmental and operational benefits of SAF

https://cdn.prod.website-files.com/68888daa9cd0f61ae4d19526/68d41983e96a4dfd01e31d68_ALIGHT-WP3-D3-3-RPT-PU-V1-FINAL.pdf

論文「Techno-economic and environmental impacts assessments of sustainable aviation fuel production from forest residues」

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2024/se/d4se00749b>

論文「Biorefinery development for the conversion of softwood residues into sustainable aviation fuel」

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622053896?via%3Dihub>

論文「2050 Outlook for Forestry Residue-Based SAF in the Netherlands」

<https://repository.tudelft.nl/record/uuid:fbdc1c5b-9f28-48e8-a63e-c51352ab078a>

IEA Bioenergy Task 39 「Progress in Commercialization of Biojet /Sustainable Aviation Fuels (SAF)」

<https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2024/06/IEA-Bioenergy-Task-39-SAF-report.pdf>

農林水産省畜産局飼料課「飼料をめぐる情勢（データ版）」

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/lin/l_hosin/index.html

日本製紙「元気森森」

<https://www.nipponpapergroup.com/sustainableproducts/morimori/>

株式会社エース・クリーン

<https://a-clean.co.jp/>

蒸煮木質飼料生産・利用協議会

<https://mokushitushiryoku.com/>

北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場

<https://www.hro.or.jp/forest/research/fpri/index.html>

環境省「セルロースナノファイバー利活用ガイドライン」

<https://www.env.go.jp/content/900441261.pdf>

矢野経済研究所 セルロースナノファイバー世界市場（2024年）

https://www.yano.co.jp/market_reports/C65128200

林野庁 森林・林業基本計画

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/plan/>

林野庁「令和6年（2024年）木材需給表」

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/kikaku/251121.html>

農林水産省「バイオマス種類別の利用率等の推移」

https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/230908_8-12.pdf

日本木質バイオマスエネルギー協会 2023年度林野庁補助事業「木質バイオマス燃料の安定供給システム構築に関する調査」成果報告書

[https://jwba.or.jp/wp/wp-](https://jwba.or.jp/wp/wp-content/uploads/2024/04/2023_%E6%9C%A8%E8%B3%AA%E3%83%90%E3%82%A4%E3%82%AA%E3%83%9E%E3%82%B9%E7%87%83%E6%96%99%E3%81%AE%E5%AE%89%E5%AE%9A%E4%BE%9B%E7%B5%A6%E3%82%B7%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%A0%E6%A7%8B%E7%AF%89%E3%81%AB%E9%96%A2%E3%81%99%E3%82%8B%E8%AA%BF%E6%9F%BB%E6%88%90%E6%9E%9C%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8.pdf)

[content/uploads/2024/04/2023_%E6%9C%A8%E8%B3%AA%E3%83%90%E3%82%A4%E3%82%AA%E3%83%9E%E3%82%B9%E7%87%83%E6%96%99%E3%81%AE%E5%AE%89%E5%AE%9A%E4%BE%9B%E7%B5%A6%E3%82%B7%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%A0%E6%A7%8B%E7%AF%89%E3%81%AB%E9%96%A2%E3%81%99%E3%82%8B%E8%AA%BF%E6%9F%BB%E6%88%90%E6%9E%9C%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8.pdf](https://jwba.or.jp/wp/wp-content/uploads/2024/04/2023_%E6%9C%A8%E8%B3%AA%E3%83%90%E3%82%A4%E3%82%AA%E3%83%9E%E3%82%B9%E7%87%83%E6%96%99%E3%81%AE%E5%AE%89%E5%AE%9A%E4%BE%9B%E7%B5%A6%E3%82%B7%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%A0%E6%A7%8B%E7%AF%89%E3%81%AB%E9%96%A2%E3%81%99%E3%82%8B%E8%AA%BF%E6%9F%BB%E6%88%90%E6%9E%9C%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8.pdf)

農林水産省「木質バイオマスエネルギー利用動向調査」

https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokusitu_biomass/index.html

農林水産省「特用林産物生産統計調査」

https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokuyo_rinsan/

林野庁「森林資源の現況」

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/index1.html>

資源エネルギー庁 なっとく！再生可能エネルギー

https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/index.html

日本木質バイオマスエネルギー協会「木質バイオマス燃料の需給動向調査」

<https://jwba.or.jp/activity/fuelwood-demand-survey/>

日本木質バイオマスエネルギー協会 令和 6 年度「林地残材等利用環境整備事業」成果報告書

<https://jwba.or.jp/wp/wp-content/uploads/2025/04/2024%E6%9E%97%E5%9C%B0%E6%AE%8B%E6%9D%90%E6%88%90%E6%9E%9C%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8.pdf>

Rystad Energy 「Bioenergy Outlook 2025」

<https://www.rystadenergy.com/insights/bioenergy-outlook-new-policy-mandates-driving-significant-biofuel-demand>

分野別投資戦略 (ver.2)

<https://www.meti.go.jp/press/2024/12/20241227006/20241227006.html>

分野別投資戦略 (ver.3)

<https://www.meti.go.jp/press/2025/12/20251226003/20251226003.html>

一般財団法人運輸総合研究所・株式会社三菱総合研究所「我が国における SAF の普及促進に向けた課題・解決策」

https://www.jttri.or.jp/pdf/aviation_portal-07.pdf

ICF レポート「Charting the Path: SAF Ecosystem in Japan」

https://www.boeing.jp/content/dam/boeing/ja_jp/featured-content/sustainability/pdf/Japan_SAF_Ecosystem_Full%20Report.pdf

ANA・JAL 共同レポート「2050 年 航空輸送における CO2 排出実質ゼロへ向けて」

<https://www.anahd.co.jp/group/pr/202110/20211008.html>

日本紙パルプ商事 「図表：紙・パルプ統計」

<https://www.kamipa.co.jp/media/9531/>

R6 年度 地域資源活用展開支援事業 (2) バイオマス活用展開調査型 報告書

https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/230908_8-8.pdf

謝辞

木質バイオマスエネルギー転換促進対策のうち SAF 等調査につきましては、航空や製紙、畜産分野、また木質バイオマスの利用と供給に関する実務者・有識者の方々に多大なるご協力をいただきました。ここに、改めて感謝の意を申し上げます。

また林野庁におかれましては、ご相談、調査先との調整等、種々のご配慮いただいたことに厚く御礼申し上げます。

固体燃料としての熱利用や発電用途に加え、液体燃料としての SAF や家畜飼料、CNF 等の原料として木質バイオマスの新たな用途を拡大するためには、様々な課題が残っておりますが、幅広い業界の方々の力をお借りしながら、弊協会としても引き続き取り組んで参りたいと考えております。今後とも宜しく願いいたします。

令和6年度燃油・資材の森林由来資源への転換等対策のうち

「木質バイオマスエネルギー転換促進対策のうち SAF 等調査」成果報告書

令和8(2026)年3月発行

発行：一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会

<http://www.jwba.or.jp>

〒110-0016

東京都台東区台東3丁目12番5号クラシックビル604号室

電話：03-5817-8491 FAX:03-5817-8492

Email：mail@jwba.or.jp

本書は、令和6年度燃油・資材の森林由来資源への転換等対策のうち 木質バイオマスエネルギー転換促進対策のうち SAF 等調査支援事業により作成しました。