

■海外情報

★自動車用先進燃料技術連携プログラム及びバイオエネルギー技術連携プログラム報告《自動車交通の脱炭素化における輸送用再生可能燃料の役割（概要抜粋）》

AMF Annex 58 /
IEA Bioenergy Task 41 Project 10
A Report from the Advanced Motor
Fuels TCP and IEA Bioenergy TCP



The Role of Renewable Transport Fuels in Decarbonizing Road Transport Key Strategies in Selected Countries

◆◆概要◆◆

低炭素からつくった電気により走行するすべての電気自動車に加え、再生可能燃料は自動車交通、特に短中期的には運輸部門のすべてのモードの脱炭素化において重要な貢献をすることができる。

+++++
自動車交通部門の GHG 排出量を 2050 年までにゼロにするには、一つの対策だけでは達成できない。

輸送需要の削減、自動車の高効率化及びバイオ燃料、電気燃料（e-fuel）、再生可能電力、再生可能水素などの再生可能エネルギーの追加など、さまざまな施策を展開する国が、挑戦的な脱炭素化目標を達成する機会に恵まれる。

今回の評価で、バイオ燃料が脱炭素化に最も貢献するのは、現在、2030 年、2040 年、あるいは国によっては 2050 年までであることがわかった。ドイツと米国では、2030 年以降は効率の向上が主な要因となり、フィンランドとスウェーデンでは、電気自動車の使用が主流となる 2040 年頃まではバイオ燃料の影響が最も大きくなる。ブラジルでは、2050 年までバイオ燃料の貢献が最大となる。

+++++

背景

気候変動の観点から、社会の脱炭素化が急務となっている。自動車交通部門は、交通需要の増加に伴い、GHG 排出量も増加しているため、特に課題となっている。再生可能エネルギーを利用した電気自動車だけでは、この問題を解決することはできない。また、GHG 排出量の削減目標と予想される実際の排出量とのギャップを埋めるために、再生可能な自動車交通用燃料が必要となっている。

専門家チームは、ドイツ、スウェーデン、フィンランド、米国、ブラジルなどを含む、多くの国の運輸部門の 2030 年及び 2050 年までの予測を評価した。この作業は、国際エネルギー

一機関（IEA）の2つの技術協力プログラム（IEA Bioenergy TCP および Advanced Motor Fuels TCP）が、欧州委員会エネルギー総局の支援を受けて共同で実施した。この分析は、現在の各国の政策、自動車保有台数の予測、および再生可能輸送用燃料の利用可能性に基づいている。

評価の目的は、自動車交通部門の脱炭素化において再生可能燃料が果たす役割を定量化し、各国の違いや、脱炭素化のための選択肢、成功した政策事例などを政策立案者に提供することである。

研究方法

このプロジェクトの中心は、5か国の自動車交通部門の進展の可能性を評価することである。走行データは各国の専門家から提供され、モデリングの前提条件や計算結果については、オンラインや専門家ワークショップで議論した。

フィンランド、スウェーデン、ドイツ、米国、ブラジルの自動車交通部門は、VTT が所有する“ALIISA”でモデル化された。このモデルには、5つの車両カテゴリー、6つの動力システム、12の燃料オプションが含まれている。各国の入力データには、将来の各車両カテゴリーの総販売台数、販売台数に占める利用可能なパワートレイン/燃料オプションの配分、エネルギー効率の改善、年間走行距離などの仮定が含まれており、これらはカテゴリー、車齢クラス、パワートレイン/燃料の組み合わせによって異なる。そして、2050年までの各年の走行車両構成、走行車両の総エネルギー需要、その結果としての Tank-to-Wheel (TTW) CO₂ 排出量を計算する。このモデルでは、再生可能電力による CO₂ 排出量をゼロと仮定している。これらの計算は、「現在の政策シナリオ」「MORE EV シナリオ」「MAX BIO シナリオ」「E-FUELS シナリオ」の4つの異なるシナリオに対して行われた。

このプロジェクトのその他の部分では、運輸部門のクリーン化を達成するための7か国の主要戦略、再生可能燃料の生産経路とその技術準備レベル、GHG 排出量、コスト、原料の利用可能性、エンジンにおける燃料適合性、実施する上での障壁、政策提言、ベストプラクティスの政策例などをまとめた。

主要メッセージ

輸送用再生可能燃料の基本的理解

- ▶ バイオ燃料や e-fuel などの輸送用再生可能燃料は、成分にもよるが、低混合率で使用したり、最大 100%の代替が可能なドロップイン燃料として使用し、専用または改造エンジン/車両用の燃料として使用することができる。しかし、代替燃料専用車はまだ世界的に広く導入されていない。
- ▶ 2060年の輸送用燃料需要の最大30%を代替するのに十分な持続可能な原料をバイオ燃料生産に利用することができる。
- ▶ ライフサイクルの観点から評価すると、バイオ燃料は化石燃料よりも大幅にGHG 排出量を削減できる。現在、カリフォルニア州で提供されているバイオ燃料の平均的な炭素強度は、15~65g (CO₂ 換算) /MJ である（化石燃料である軽油とガソリンの炭素強度は 95g）。将来的には、バイオ燃料の炭素強度はさらに低下すると予想され、廃棄物処理による GHG 排出回避のクレジットを取得したり、CCS と組み合わせたりすることで、正味でマイナスになることもある。
- ▶ 先進バイオ燃料のコストは生産経路によって異なり、ほとんどの場合、ガソリン換算で1リットル当たり 0.35~1.58 ユーロと、現在の化石燃料換算のコストを大幅に上回っている。先進バイオ燃料技術は現在、開発の初期段階にあるため、さらなるコスト削減の可能性が大きい。

各国評価

- ▶ 評価された国（フィンランド、スウェーデン、ドイツ、米国、ブラジル）の一人当

たりの車両数、一人当たりの輸送量、地域ごとの輸送量などの自動車交通部門の指標は大きく異なる。

- 現在の政策シナリオでは、バイオ燃料はすでに TTW CO₂ 排出量の削減に最大限貢献しており、国によるが、2030年、2040年、さらには2050年まで貢献は続く。電気自動車は2040年までにはバイオ燃料に追いつく。
- 電気自動車の導入率がたとえ高く推移しても、短中期的にはバイオ燃料が脱炭素化に最も貢献し続ける。
- 地域における利用可能な燃料の品質にもよるが、バイオ燃料、特にドロップインバイオ燃料を最大限に活用することで、2050年までに TTW CO₂ 排出量をほぼゼロに減らすことができる。
- e-fuel の使用により、他の手段によって達成された排出削減と挑戦的目標との間のギャップを埋めることができる。ただし、化石燃料を完全に置き換えるために必要な e-fuel の量は、かなりの量の非化石電力と捕捉・回収した CO₂ 量を必要とし、多くの国で利用できる可能性は低い。

社会実装の障壁

- すでに確立している化石燃料システムとの競合
- 政策推進要因の変動、長期的に安定した政策の欠如
- 一連の政策措置の不完全性または不均衡
- 技術的レベル、可能性、持続可能性に対する一般の認識
- 代替燃料と代替燃料車のためのインフラ構築の必要性
- 成功した政策例
- バイオ燃料混合の義務化
- GHG 削減能力に応じたインセンティブ
- 厳格で一貫性のある持続可能性に関するガイドライン
- 先進バイオ燃料には、個別義務、RD&D 支援、リスク保証などの具体的支援が必要

専門家ワークショップからの政策提言（2019年11月18日、ブラッセル）

- バイオ燃料の炭素強度に着目する必要あり。
- 石油メジャーを巻き込み、既存の燃料サプライチェーンや流通ネットワークを活用して、バイオ燃料をコスト効率の高い方法で市場に投入する。
- 化石燃料の段階的な廃止を義務付ける。
- 自動車メーカーに対し、再生可能燃料の使用による GHG 排出量の削減が CO₂ 排出量の事業者目標にカウントすることができるようにする（その後、目標の強化が可能）。

◆◆目次◆◆

運輸部門を脱炭素化する必要性

各国の基本戦略

挑戦目標とトレンド

いくつかの選ばれた国の運輸部門における進展状況の評価

既存の政策に基づいた脱炭素化

より多くの電気自動車の導入による効果

バイオ燃料を最大限に活用し、より良い脱炭素化を目指す

自動車交通分野を十分に脱炭素化するための e-fuels の利用

再生可能輸送用燃料の利用可能性

低炭素燃料技術及びそれらの開発状況

バイオ燃料製造のための持続可能なバイオエネルギー原料の実用性及びコスト

先進バイオ燃料経路における GHG 排出量
新たなバイオ燃料生産とコスト削減の余地
既存エンジンに対する燃料の適合性
新しいバイオ燃料の生産や利用に関する政策の役割

再生可能燃料の広範な調達方法

広範な普及への障害
競争のためのよく整備された交通システム
政策推進要因の変化
一般の人の低い受容
政策手段の不備
インフラ整備の必要性
低炭素燃料導入に伴うリスク

先進輸送用燃料の普及拡大に向けた政策要件

政策ベストプラクティス

最終コメント

◆◆運輸部門を脱炭素化する必要性◆◆

気候変動の観点から、社会の脱炭素化が急務となっている。運輸部門、その中でも特に自動車交通部門は、輸送需要が増加しており GHG 排出量も増加しているため、特に困難な状況にある。脱炭素化には、GHG 排出量を削減し、自動車交通をよりクリーンにするためのすべての方策が含まれる。これには、バイオ燃料、電気燃料（e-fuel）、再生可能電力などの低（化石）炭素エネルギーキャリアも含まれる。再生可能な輸送用燃料は、GHG 排出量削減目標と予想される排出量削減の間のギャップを埋めるために不可欠な役割を担っている。

専門家チームは、ドイツ、スウェーデン、フィンランド、米国、ブラジルなどを含む、多くの国の運輸部門の 2030 年及び 2050 年までの予測を評価した。この作業は、国際エネルギー機関（IEA）の 2 つの技術協力プログラム（IEA Bioenergy TCP および Advanced Motor Fuels TCP）が、欧州委員会のエネルギー総局の支援を受けて共同で実施した。この分析は、各国の脱炭素化に向けた重要な戦略、現在および将来の自動車保有台数、既存および新規の再生可能輸送燃料の利用可能性に基づいている。

評価の目的は、自動車交通部門の脱炭素化において再生可能燃料が果たす役割を定量化し、各国の違いや、脱炭素化のための選択肢、成功した政策事例などを政策立案者に提供することである。

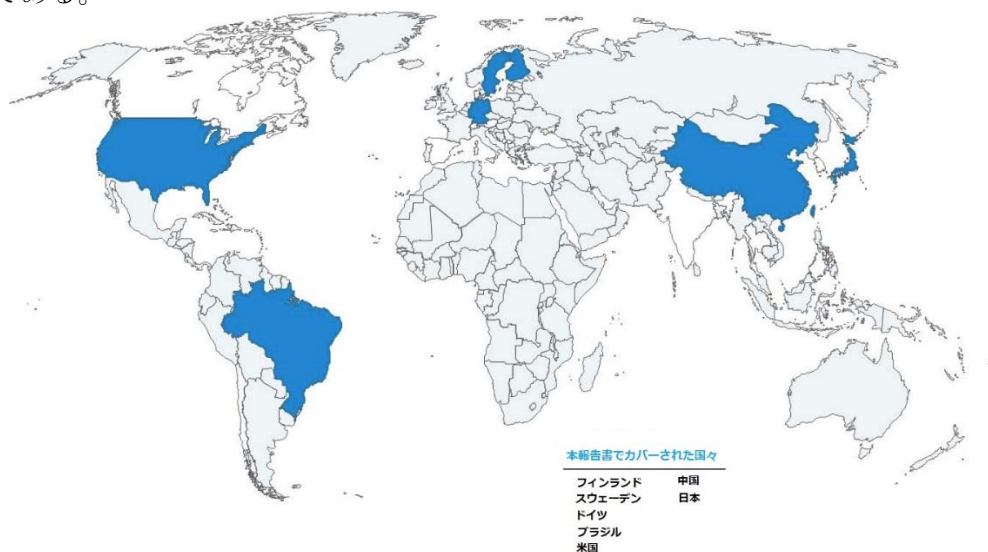


図 1: 本報告書でカバーされた国々

◆◆各国の基本戦略◆◆

ほとんどの国が、気候危機を緩和するためには挑戦的な行動が必要だと認識している。すべての部門からの GHG 排出量を大幅に削減する必要があるが、中でも運輸部門は脱炭素化が最も難しい。対策は、「回避」・「シフト」・「改善」の原則に基づいて行うことになる。すなわち、過剰な輸送を回避し、炭素強度の低い輸送手段にシフトし、すべての輸送手段の炭素強度を改善することが必要である。バイオ燃料、e-fuel、電気自動車用のグリーン電力などの再生可能エネルギーの利用は、輸送の炭素強度を改善するための主要な手段の一つである。

その結果、多くの国が再生可能な輸送用燃料の使用義務付けまたは奨励する法律を制定した。EU は、再生可能エネルギー指令 (RED) とそれを改定した RED-II を導入し、すべての EU 加盟国に、2020 年までに再生可能エネルギー源からの輸送エネルギー需要の 10%、2030 年までに 14% をカバーすることを義務付けた。米国の再生可能燃料基準 (RFS) は、いくつかの燃料カテゴリーにわたりライフサイクル GHG 排出削減しきい値に基づいて、再生可能燃料の量的要件を確立した。当初の法律の再生可能燃料の年間目標量は、2022 年に年間 360 億ガロン (1,360 億リットル) に達する。ブラジルでは、RenovaBio システムにより、ブラジルの輸送システムの平均 GHG 強度が 2017 年と比較して 2030 年に約 10% 減少する。

フィンランド、ドイツ及びスウェーデン (これらの国はすべて EU メンバー) は、EU の RED で義務化された量より多い挑戦的なバイオ燃料目標を設定した。フィンランドは、自動車交通用燃料におけるバイオ燃料のシェアを 2030 年までに 30% に増加する目標を設定した。ドイツは、運輸部門からの GHG 排出量を 2030 年までに段階的に 9,500 万トンに削減することを目標としている。これは、1990 年と比較して約 42% に相当する。これを達成するための一つの対策は、燃料供給業者に GHG ベースで燃料の販売をミックスで義務付ける割り当てシステムであり、2020 年以降、化石燃料のガソリン及び軽油と比較して年間 6% の GHG 削減を達成する。最後に、スウェーデンは、2010 年と比較して 2030 年までに自動車交通部門からの排出量を少なくとも 70% 削減するという目標を掲げている。これを達成するための一つの対策は、燃料供給業者が GHG 削減義務を負うというもので、販売するガソリン及び軽油の量にバイオ燃料を組み入れることで GHG 排出量を削減する。2020 年の削減義務は、ガソリンが 4.2%、ディーゼルが 21% である。削減義務は時間の経過とともに増加し、2030 年には全体で 40% の削減を目標としており、ガソリンが 28%、ディーゼルが 66% で構成されている。

米国では、連邦政府の RFS に加えて、カリフォルニア州が燃料の GHG 強度に基づいて輸送燃料の GHG 排出量削減を義務付ける制度を初めて導入した。低炭素燃料基準 (LCFS) では、ガソリン、ディーゼル、およびそれらの代替燃料の炭素強度のベンチマークを毎年減少させるように設定している。LCFS は、2030 年までに自動車交通用燃料グループの炭素強度を 20% 削減することを目標としている (2011 年ベースライン比)。オレゴン州では、LCFS と同様のプログラムを実施し、自動車交通用燃料の炭素強度の削減を求めている。中西部のいくつかの州では、自動車交通用燃料の GHG 排出量を削減するために、同様のクリーン燃料プログラムを検討している。

他の国々では、運輸部門の脱炭素化のために電気自動車に力を入れている。中国は、2030 年までに全体の炭素強度を下げ、国全体の炭素排出量をピークにすることを約束している。運輸部門では、中国は主に電気自動車 (いわゆる新エネルギー車) の導入に力を入れているが、E10 の使用も推進している。日本は、運輸部門の GHG 排出量を CO₂ 当量で 2013 年度の 225 百万トンから 2030 年までに 163 百万トン (27% 削減) にすることを約束している。次世代自動車の普及や、交通システムレベルでの対策などを行っている。

また、上記で言及したすべての国で自動車の燃費を徐々に向上させるための法律が施行されており、GHG 排出量の削減に直結している。

これらの国の主要戦略の詳細については、全体報告書のパート 1（「いくつかの国の主要戦略」）に記載されている。

◆◆挑戦目標とトレンド◆◆

運輸部門からの実際の GHG 排出削減量を各国の挑戦目標あるいは世界の低炭素化シナリオと比較すると、現在のトレンドに基づく予測では挑戦目標はほとんど達成されないことがわかる。

IEA は「World Energy Outlook 2017」において、2100 年までに将来の世界平均気温の上昇を 2°C に抑える確率を 50% とする「2°C シナリオ (2DS)」を導入している。2DS では、2060 年までにバイオ燃料の使用量が 10 倍に増加し、運輸部門で 30 EJ (エクサジュール: 10^{18} ジュール) を供給するとしている。このシナリオでは、図 2 に示すように、輸送エネルギーの約 30% をバイオ燃料が占め、電力の増加やエネルギー効率の向上分を補っている。このシナリオでは、短期的にはバイオ燃料の使用量が急速に増加し、運輸部門におけるバイオ燃料の貢献度は 2030 年までに 3 倍になっている。

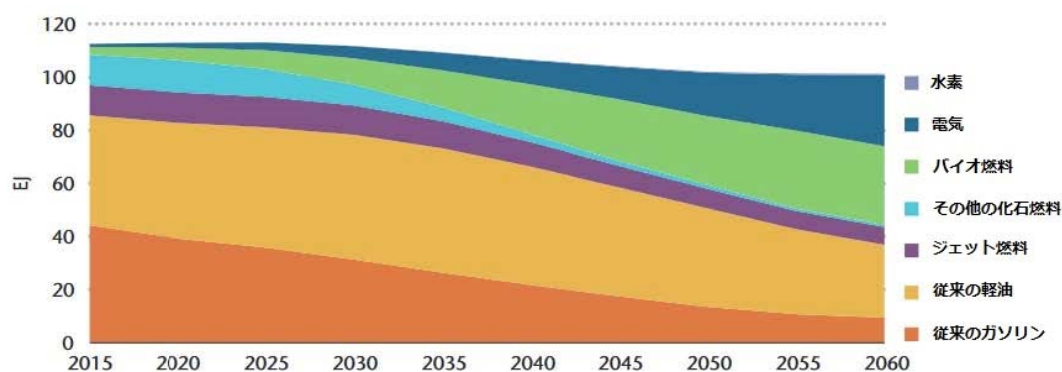


図 2: 運輸部門におけるバイオ燃料の役割 - IEA 2DS シナリオ

しかし、低炭素シナリオに必要なバイオ燃料の生産及び利用量を、現在のバイオ燃料生産のトレンドと比較すると、明らかに数字が一致しない。図 3 は、2024 年までの世界のバイオ燃料総生産量の予測トレンドを、IEA の世界エネルギー見通し (WEO NPS 及び SDS) [1] の新政策シナリオ及び持続可能な開発シナリオにおける 2025 年の数値と比較したものである。比較の結果、現在の政策案 (NPS シナリオ) では、提案された対策が実際に実施されて効果を上げたとしても、SDS シナリオで必要とされる導入レベルの 70% 程度しか満足できない可能性が高いことがわかった。SDS のようなシナリオに適合する形でバイオ燃料を開発するためには、より挑戦的な目標と政策措置が不可欠である。

[1] NPS では、現在の政策的枠組みと挑戦及び既知技術の継続的な進展により、今後数十年間にエネルギー分野がどのようになるかを評価している。政策的挑戦目標には、2018 年 8 月時点で発表されているものが含まれており、パリ協定下での国家決定拠出金での約束も組み込まれている。

WEO の 2017 年版で初めて導入された SDS は、2015 年に 193 カ国が合意した「持続可能な開発目標」のエネルギーの主要構成要素に関連して選択された主な成果が達成されるという仮定から出発し、それがどのように実現されるかを現在にさかのぼって検討している。

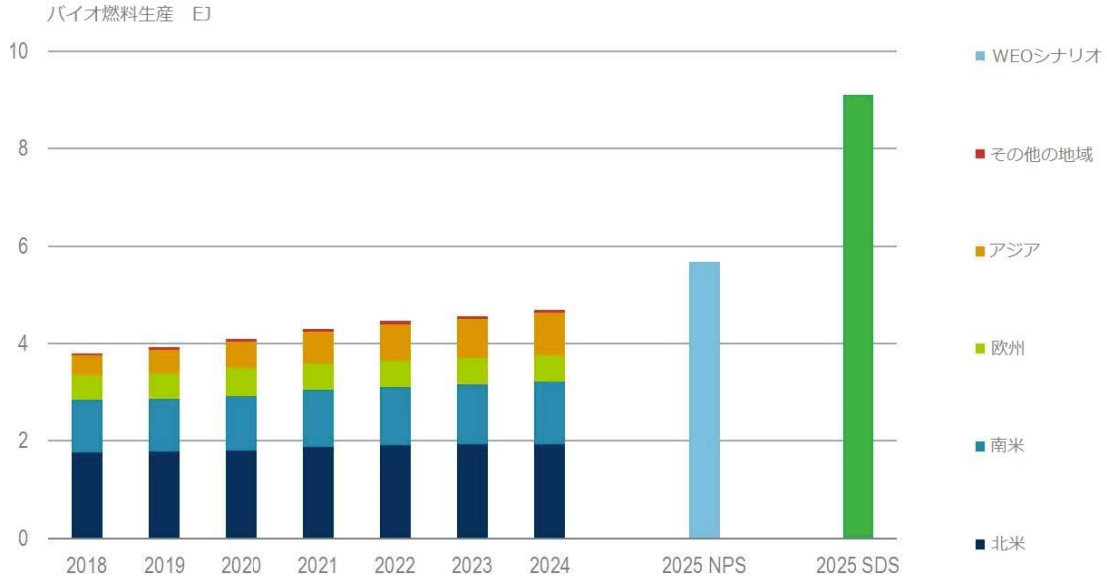


図 3: 2025 年までのバイオ燃料の成長予測と WEO シナリオとの比較
出典: IEA Renewables 2019 and WEO 2018

このグローバルな分析は、各国の分析によって補完され、基本的に同じ結果が得られている。図 4 及び 5 は、フィンランドとスウェーデンにおける運輸部門からの GHG 排出量の国別予測と国別目標を比較したものである。

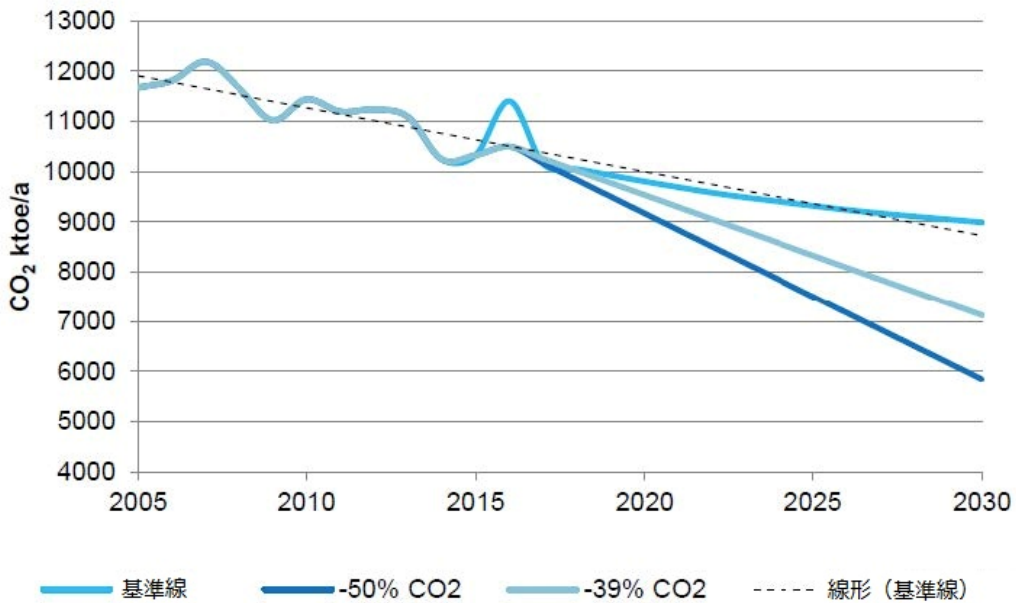


図 4: 2005 年 (基準年) から 2030 年 (目標年) のフィンランドの自動車交通からの CO2 排出量及び 2030 年までに-39%あるいは-50%の削減を達成するための軌跡

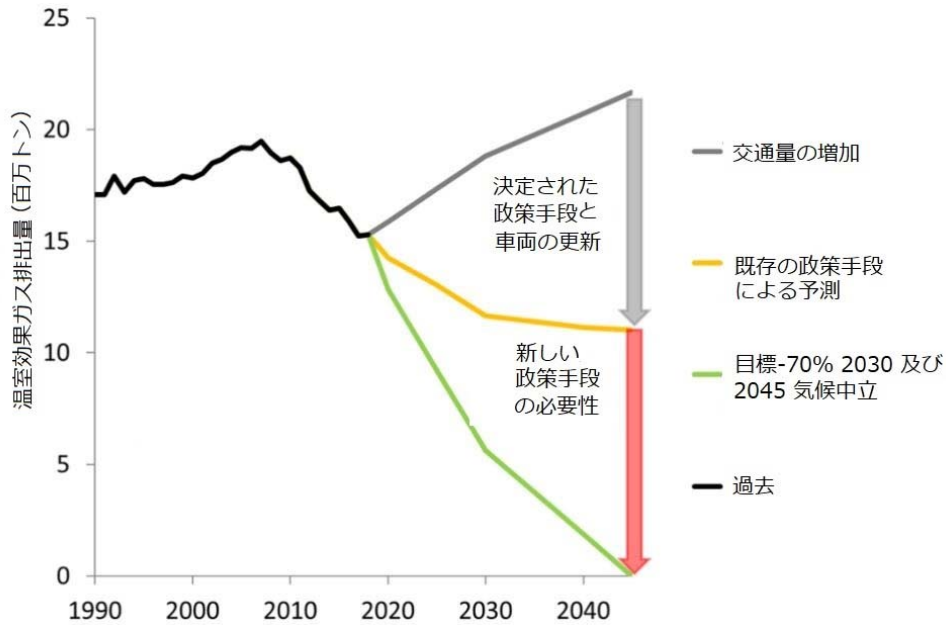


図 5: スウェーデンの運輸部門における目標と BAU シナリオ (何も対策しない場合) の間のギャップ
 出典: Swedish Transport Administration

しかし、それとは逆の展開を見せている例もあることに留意する必要がある。日本は実際に、運輸部門のエネルギー使用量、ひいては GHG 排出量を減らすことができている。日本の運輸部門のエネルギー需要は、2001 年度にすでにピークに達している (図 6 参照)。輸送エネルギーの 54.4% をガソリンが占め、31.7% の軽油がそれに続く。電力の割合は 2.0% と少なく、バイオ燃料は 1.5% に過ぎない (ガソリンに混入されている ETBE の量としてカウント)。

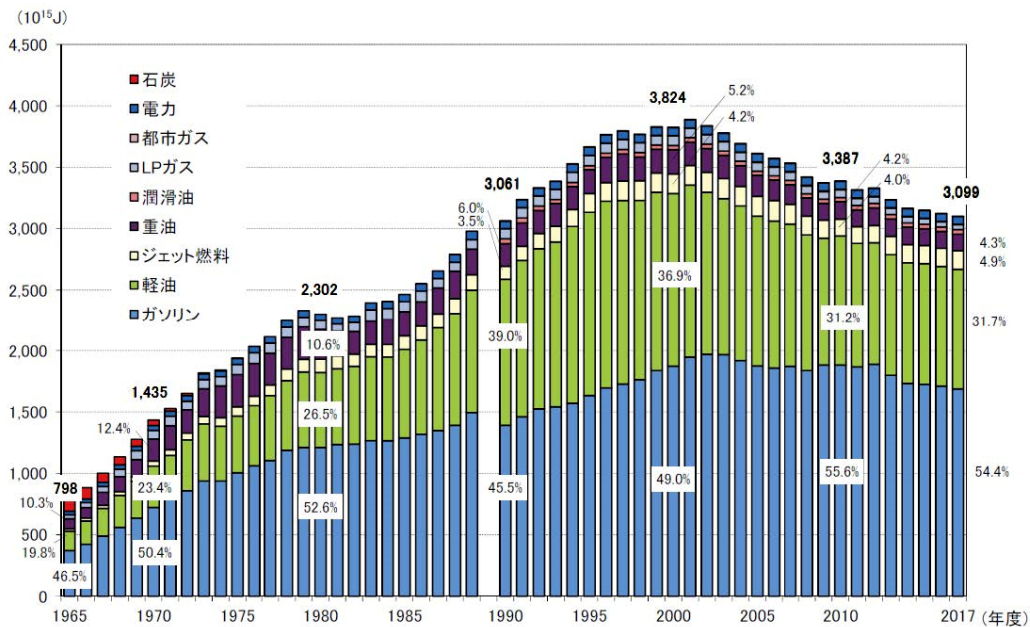


図 6: 日本の運輸部門におけるエネルギー消費量のトレンド

「自動車交通の脱炭素化における輸送用再生可能燃料の役割 (概要)」の全文は、(一財)

環境優良車普及機構のホームページをご覧ください。

<https://www.levo.or.jp/lib/report/index.html>